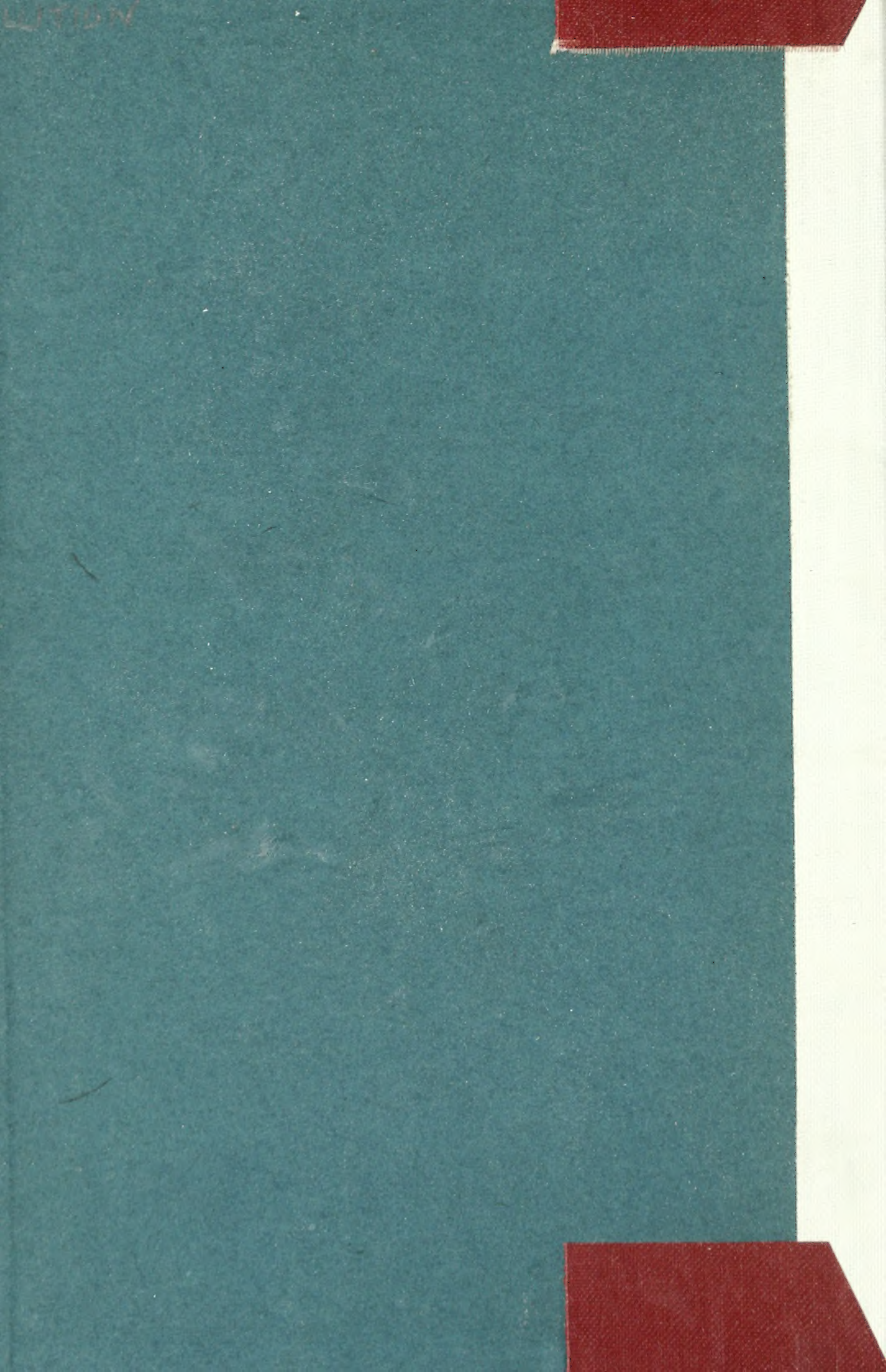

UNIVERSITY OF TORONTO
3 1761 00838667 4







Die Konvergenz der Organismen.

Eine empirisch begründete Theorie
als Ersatz für die Abstammungslehre

von

Dr. Hermann Friedmann.

Doctrina multiplex, veritas una.

Πῶς Πλάτων ἔλεγε τὸν θεὸν ἀεὶ γεωμετρεῖν.



BERLIN.
Verlag von Gebrüder Paetel.
1904.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.

Inhalt.

Die Deszendenztheorie ein Axiom. — Das Wesen des Axioms. — Zwei a priori zulässige Lösungen des Problems Darwins. — Die Konvergenztheorie und ihre drei Teilprinzipien: Homologie, Analogie, direkte Konvergenz. — Die methodologischen Vorteile der Konvergenztheorie. — Das außerwissenschaftliche Interesse an der biologischen Forschung.

Wer den Gedanken gefaßt hat, daß auch die letzten und höchsten Kategorien am Ende nichts andres seien als eine Warte, die der Geist im induktiven Aufstieg erklommen hat und von der aus er im Umkreise des Lebens die Dinge mustert und ordnet, daß aber auch in ebendemselben Geiste etwas lebt und schafft, was in noch höherer Spannung über seinen heutigen Standort hinaus will, zu noch größerer Umfassung — der wird mit dem Mißtrauen, selbst gegen eine Theorie von solcher Tragweite wie die Deszendenztheorie, zugleich die Ehrfurcht gewonnen haben, die dem Forscher ansteht, wenn er den Boden der Abstammungslehre — und sei es auch zweifelnden Sinnes — betritt.

Doch sollte nicht gar die Erinnerung an die kategoriale Denknotwendigkeit den Schritt wieder zögernd machen, dem kritischen Beginnen Halt gebieten? Ist nicht die Abstammungslehre zum Rang eines Kanons des Denkens in der Biologie, zu einem Axiom erwachsen?

J. Reinke hat die Deszendenztheorie ein Axiom genannt, weil sie eine unbeweisbare Hypothese von sehr hohem Wahrscheinlichkeitswerte sei und den Charakter eines allgemein anerkannten Forschungsprinzips angenommen habe. Driesch hat den Vergleich mit einem Axiom getadelt, weil nicht die Unbeweisbarkeit, sondern die Denknotwendigkeit das Wesen des Axioms bilde. Der Tadel ist ungerechtfertigt: das Wesentliche des Axioms liegt nicht in der Denknotwendigkeit, sondern in etwas andrem, was Reinke ge-

troffen hat. Die Berufung auf Kant, die Driesch wohl im Sinne hat, ist heute nicht mehr zulässig. Man braucht nur an die Geschichte des berühmtesten Axioms, des Euklidischen Parallelenaxioms, zu denken, um zu erkennen, daß Denk- oder Anschauungsnotwendigkeit nicht geeignet ist, das Wesen des Axioms zu bezeichnen. Was noch wohl konnte a priori so evident sein wie, daß durch einen Punkt zu einer Geraden nur eine einzige Parallele möglich sei? Wie sicher mochte sich Kant gegenüber dem Empirismus gerade hierin fühlen! Doch im nachkantischen neunzehnten Jahrhundert ist der verwegene Versuch aufgetaucht und mit Erfolg durchgeführt worden, Geometrien zu schaffen, welche die Lehrsätze aus andren, nichteuklidischen Grundsätzen ableiten; und in dem Maße, wie die innere Sicherheit dieser neuen Geometrien sich erhöht, wird die Denknotwendigkeit dieser Systeme, die Anschauungsnotwendigkeit andrer Räume, etwa solcher mit Flächen konstanten negativen Krümmungsmaßes, allgemein.

Das Wesen des Axioms besteht darin, ein in einer bestimmten Zeit allgemein anerkannter Obersatz zu sein, aus dem die in der Erfahrung gewonnenen Sätze sich logisch ableiten lassen. Die Probe auf die Richtigkeit des Axioms ist darin gegeben, daß die aus ihm logisch folgenden, aber durch die Erfahrung noch nicht bestätigten Sätze mit dieser im Einklang sind, wenn sie einmal eintritt; es ist daher richtig und prägnant, den heuristischen Charakter des Axioms in den Vordergrund zu rücken. Daß aber auch die Unbeweisbarkeit dem Axiom notwendig zukommt, ist leicht einzusehen. Die Beziehung eines Satzes zur Grundlage, aus der er analytisch gewonnen ist, ist immer unbestimmt: gewiß ist, daß die Grundlage hinreichend, ungewiß dagegen, ob sie notwendig ist; es könnte auch noch eine ganz andre Grundlage geben, aus der derselbe Satz abgeleitet werden könnte. Soll die letztere Möglichkeit ausgeschlossen werden

dürfen, so muß gezeigt werden, daß der Satz auch umgekehrt die Grundlage bedingt; das analytische Beweisverfahren muß durch ein synthetisches ergänzt werden können. Diese Beweisregel ist in der Mathematik bekanntlich anerkannt.

Wenn also Reinke die paläontologischen Vorstufen des Pferdes, die Übergangsformen der tertiären Sumpfschnecke, die Umwandlung der Akazien in Neuholland usw. als Indizien für das Deszendenzaxiom gelten läßt, so sagt er damit, daß dieses Axiom die Ableitung der genannten Tatsachen gestattet, enthält sich aber des Urteils, ob das zureichende Axiom auch notwendig sei. Hat doch neben Nägeli, Kölliker und Haacke besonders Reinke die Frage der Vielstämmigkeit und der Konvergenzbildungen aufgeworfen.

Diese Frage soll nun in einem neuen Sinne in den Mittelpunkt der Erörterung gestellt werden.

Je länger der Blick auf der Gesamtheit der Organismen ruht, desto deutlicher treten zwei verschiedene Eindrücke in die Anschauung: eine merkliche Scheidung der Gesamtheit in Gruppen, aber auch ein Hinüberfließen von der einen Gruppe zur andern. Der Blick erwirbt die Fähigkeit, sich auf das eine oder das andre Bild einzustellen. Es ist unbestreitbar, daß dieses Verhältnis der Vielheit zur Einheit, namentlich der Gesamteindruck der Einheitlichkeit der Organisation, der alle Tradition über den Haufen zu werfen schien, und doch mit jedem Fortschritte der Anatomie, mit jeder Vertiefung in die Jugendzustände der Organismen unabweisbarer wurde, dringend Erklärung heischt. Wir können daher nicht anders, als einen Agnostizismus, wie Fleischmann ihn lehrt, verwerfen. Es kommt hinzu, daß Fleischmann die Wertung der deszendenztheoretischen Beweise zum Teil mit großer Einseitigkeit vornimmt und, weit entfernt, die heuristische Fruchtbarkeit des Abstammungsgedankens in der gesamten Biologie anzuerkennen, in ihm

eine verderbliche Verirrung erblickt. Wenn man aber in dem Bilde, in welchem die Organisation sich darstellt, ein Problem sieht — das Problem Lamarcks und Darwins — so ist es einleuchtend, daß zwei einander genau entgegengesetzte axiomatische Lösungen sich einstellen können. Man kann von der Grundlage der Einheit aller Organismen ausgehen und annehmen, daß die Einheit im Laufe der Zeit in eine Vielheit divergierte. Auf diesem Divergenzprinzip beruht die Deszendenztheorie. Man kann aber auch annehmen, daß die gesonderte Vielheit der Organisation das Primäre sei, und daß eine Konvergenz der Organismen stattgefunden habe.

Diese Annahme, die in dem vorliegenden Buch vertreten wird, ist folgendermaßen zu erläutern. Wir gehen von dem Hauptsatze aus, daß das Leben immer als ein bestimmter, unwandelbarer Speziescharakter auftritt. Die spezifisch verschiedenen Lebensformen erscheinen jedoch einander angenähert, bezw. annäherbar durch drei (Teil-) prinzipien, von denen das Leben beherrscht wird: Das Prinzip, vermöge dessen spezifisch verschiedene Formen solche Übereinstimmungen aufweisen, die wir als primärgesetzliche betrachten, nennen wir das Prinzip der Homologie; als einen Ausfluß des Prinzips der Analogie bezeichnen wir diejenigen Übereinstimmungen, die unter dem Einflusse gleichwirkender äußerer (mittelbar oder unmittelbar bewirkender oder selektiver) Bedingungen entstehen; und wir erkennen drittens die Macht und die Tragweite eines Prinzips der direkten Konvergenz, welches das Entstehen von Übereinstimmungen zwischen den Genossen einer Biosphäre aus psychischen Ursachen bewirkt. Die drei Prinzipien bilden die Grundlage der **Konvergenztheorie.** In terminologischer Hinsicht sei bemerkt, daß Homologie und Analogie bewußt der begrifflichen Vieldeutigkeit entkleidet werden, die ihnen in der vergleichenden Anatomie und Physio-

logie zuteil wird, und daß, wo von Konvergenz schlechthin gesprochen werden und sich aus dem Sinne nicht ergeben wird, daß der alle drei Prinzipien umfassende Einheitsbegriff gemeint ist, die Analogie verstanden wird.

Das Prinzip der Konvergenz ist, abgesehen vielleicht von dem wichtigen Spezialprinzip der direkten Konvergenz, der heutigen Biologie durchaus nicht fremd. Aber Darwin und die übrigen Forscher benutzten diesen Gedanken nur zu einer mehr oder weniger geringen Modifikation der Abstammungslehre. Hier tritt das Prinzip mit dem Anspruch auf, die Abstammungslehre nicht nur zu berichtigen, sondern zu ersetzen. In den älteren Fassungen, die Lamarck und St. Hilaire der Abstammungslehre gaben, ist bereits die Vorstellung vorhanden, daß Organe und Organismen unter dem indirekten Einflusse veränderter Anforderungen an die Funktion oder dem „direkten" Einflusse veränderter äußerer Bedingungen sich entsprechend ändern. Obwohl mit dieser Möglichkeit der Vorstellung Raum gegeben war, daß verschiedene Organismen und Organe in gewissen Fällen konvergieren, blieben die Prinzipien der funktionellen Anpassung und der direkten Bewirkung damals und später ihrer Zweckbestimmung, die Divergenz der Organismen von einer gemeinsamen Grundlage zu erklären, im ganzen treu. Es lag aber in der Natur der Sache, daß die Prinzipien der direkten Bewirkung und der funktionellen Anpassung für die Begründung der Divergenz eine durchschlagende Bedeutung nicht gewinnen konnten. Denn, wird die primäre Grundlage als eine einheitliche angenommen, so muß man sich sagen, daß bei einiger Konstanz der geographischen Grundsituation die primäre Organisationsgrundlage, wenn überhaupt, wiederum einheitlich variieren mußte. Es müssen also schon neue hypothetische Elemente: Wanderung, natürliche Auslese, die an minimale Variationen anknüpft, usw. eingeschaltet werden.

Die Konvergenztheorie hat vor der Divergenztheorie den apriorischen Vorteil voraus, daß sie an die Variabilität geringere Anforderungen stellt. Während die Divergenztheorie die gegebene große Mannigfaltigkeit auf eine Einheitsgrundlage zurückführen muß, in welche die Mannigfaltigkeit aufgeht, genügt es für die Konvergenztheorie, über eine Variabilität zu verfügen, welche die Annäherung der als primär angenommenen Mannigfaltigkeit an das empirisch gegebene Bild der Einheitlichkeit gestattet. Die Konvergenztheorie beruht also auf einer einfacheren Annahme, die zu dem, was wir über die Variabilität erkundet haben, besser paßt. Überhaupt lehnen sich alle Annahmen, die sie einführt, inniger an die Erfahrung an. Wir sehen das Leben, wo immer es entsteht, mit einer immanenten finalen Ausstattung einsetzen und rasch seinem Höhepunkt zueilen. Da die Konvergenztheorie mit kurzen Zeiträumen operiert, stellt sie ihre Thesen in den Bereich des durch Beobachtung und Versuch Prüfbaren.

Das mag zum persönlichen Bekenntnisse des Verfassers überleiten, daß nicht die apriorisch-deduktive Einführung der Konvergenztheorie (die hier aus methodologischen Gründen bevorzugt wurde) den Weg bezeichnet, den er daher kommt. In den Zauber der Lehre Darwins gebannt, wie nur einer, dem Mechanismus zugewandt, ist er mit innerem Widerstreben, von Tatsache zu Tatsache gedrängt, einen langen Umweg gegangen; er hat lange geglaubt, seiner Zweifel und Erwägungen Herr werden zu können, hat sich noch in jüngster Zeit vor den in immer fragwürdigerer Gestalt andrängenden Bedenken sicher gewähnt — bis mit einem Schlage die riesig gewordenen Schatten des Negativs seiner Anschauung ihm als das wahre Positive in die Augen sprangen, und alles sich zusammenfand, um ihn an einen prinzipiellen Wandel seiner neuen Anschauung nicht mehr glauben zu lassen. Und wenn etwas in den Ausgang, der

mich mehr als einen von sich selbst Besiegten denn als Sieger über sich selbst vorfand, Harmonie hineintragen kann, so ist es die mir willkommene Tatsache, daß ich der Abstammungslehre einen physiologisch-chemischen quantitativen Beweis überantworten kann, dessen Zwang ich lange für unüberwindlich hielt, und den ein andrer vielleicht nicht preisgeben würde — und die mich nicht minder beglückende Tatsache, daß die ganze und reiche Ernte der Abstammungslehre, wie ich glaube, in den Fortschritt einer rationellen Organisationslehre (Kap. 12), übergeführt werden kann. — Im übrigen sind die ersten fünf Kapitel der Kritik der Deszendenztheorie auf Grund der biologischen Wissenschaften gewidmet. Das sechste enthält eine aus der Kritik hervorgehende Vererbungstheorie. Im siebenten bis zehnten Kapitel tritt die systematische Behandlung der Konvergenztheorie in den Vordergrund. Die beiden letzten Kapitel gelten der Theorie der biologischen Erkenntnis.

So schreibt sich denn das endliche Ergebnis aus der streng empirischen Beziehung zu den biologischen Wissenschaften, und nur aus dieser, her. Zwar fühle ich mich durch die in wissenschaftlichen Kreisen beliebte Beschränkung auf das engste Thema nicht gefangen genug, um nicht jetzt, da mir persönlich das Heraufkommen des Menschengeschlechts aus dem „dumpfen Grunde der Natur“ so unwahrscheinlich geworden ist wie der Fatalismus der durch keine physische und psychische Konvergenz überwindbaren Vererbungslast, in einer kurzen Feierstunde mich der Hoffnung zu freuen, es könnte eines Tages dem Wollen seine Freiheit und der Menschheit ihre Würde zurückgegeben werden. Wem möchte es nicht scheinen, als hätten sich eiserne Klammern von seinem Leben und Wirken gelöst, in wem stiege nicht das Hochgefühl der Pflicht mahnend empor, wenn er sich sagen könnte, daß die Entwicklung, ob sie ihn und seine Nachkommen auch nie über die Grenzen der

Art hinausführen wird, doch keineswegs dem schuldlosen Verhängnisse der Vererbung preisgegeben sei, daß die Kraft der körperlichen und geistigen Ausbildung, die Macht des edlen Beispiels mit ungeahntem Glanz am Firmamente der Menschheit aufgehen? Auf der ganzen Wegstrecke aber habe ich die Religion und religiöse Tradition aus der Erörterung ausgeschlossen. Wenn aber die Anhänger der Deszendenztheorie dies als eine Einräumung an den angeblich gerade durch die Deszendenztheorie begründeten modernen Standpunkt auffassen sollten, so müßte ich doch erwidern, daß allerdings das Verhalten der Naturwissenschaft gegenüber den religiösen Traditionen mir diese Zurückhaltung auferlegt hätte, wenn sie sich nicht schon aus den einfachen Grundsätzen der wissenschaftlichen Arbeit ergeben hätte. Wenige Jahre vor dem Erscheinen von Darwins „Entstehung der Arten“ hat Carl Vogt gegen den von Rudolph Wagner vertretenen Glauben an die Abstammung der Menschen von einem Paare mit folgenden Worten gekämpft: „Eine jede Art variiert nur innerhalb bestimmter Grenzen . . . wie darf man also bei gewissenhafter Naturforschung sich erlauben, Analogieen solcher Art von einer Spezies auf die andre, ja sogar von Tierklassen auf andere Tierklassen oder selbst von Pflanzen auf den Menschen zu übertragen? . . . selbst bei solchen Arten, bei welchen sich keine Unterschiede nachweisen lassen, ist dennoch die Abstammung von einem Paare aus geographischen Gründen oft eine reine Unmöglichkeit. . . Weil die verschiedenen Menschenrassen fruchtbare Bastarde miteinander zeugen, deshalb können sie möglicherweise von einem Paare abstammen, sagt Herr Wagner in seiner Argumentation, und weil diese Möglichkeit existiert, deshalb behaupte ich ihre Abstammung von einem Paare. Wie nun, wenn wir dieselbe Möglichkeit auf die Tiere anwendeten und sagten: Weil Hund und Wolf, Hund und Fuchs, Kamel und Trampeltier, Ziege und Steinbock, Ziege und Schaf,

Pferd und Esel fruchtbare Bastarde miteinander zeugen, deshalb stammen diese Tiere von einem Paare ab? Würde uns nicht jedermann bei einer solchen Behauptung ins Gesicht lachen? Würden uns nicht die Besitzer eines gesunden Menschenverstandes ebenso aus ihrer Gemeinschaft hinausweisen, wie die Naturforscher aus der ihrigen?" . . . Derselbe Vogt (der auch noch Cuvier ausgiebig zitiert) richtete bald darauf die entgegengesetzten naturwissenschaftlichen Dogmen gegen die biblische Schöpfungsgeschichte. Ich habe dieses Kuriosum hier nicht im Interesse des Glaubens, sondern im Interesse der Wissenschaft der Vergessenheit entrissen. —

Diesen Grundzügen gedenke ich weitere Beiträge zur Konvergenztheorie folgen zu lassen. Ein besonderes Literaturverzeichnis — die den Leser störenden Anmerkungen sind ganz gemieden — habe ich bereits hier anfügen wollen, doch hat sich mir dies aus räumlichen Gründen als eine Unmöglichkeit herausgestellt. Seit langer Zeit habe ich neben der mehr und weniger bekannten biologischen Buchliteratur auch den zoologischen, botanischen, physiologischen und, noch spezieller, ornithologischen, entomologischen usw. Zeitschriftenstoff gesichtet. Der Kundige dürfte dies schon diesem Auszuge entnehmen, in dem meine Anschauungen, in den Hauptsachen auch unter Hinweis auf die Autoren belegt, übersichtlich auftreten sollen, um an dieser Stelle gerade durch ihren durchgreifenden Zusammenhang unter sich — aber auch mit allen objektiv gesammelten Tatsachen — zu wirken.

Erstes Kapitel.

Die Entstehung des Eies im Tierkörper.
(Ovogenese.)

Inhalt.

Die spezifische Verschiedenheit der Eier. — Die deszendenztheoretische Erklärung. — Die Nahrungsquellen des Eies. — Polytelismus. — Der Verlust an Nahrungsstoffen während der Entwicklung. — Beeinträchtigung der Abstammungshypothese und Andeutung der Homologie.

Im Anfang der Entwicklung steht eine einzige Zelle, das Ei. Aber dieses Element ist bei jeder Tierart verschieden je nach der Weise, wie Protoplasma und Dotter (Nahrungsdotter, Deutoplasma) in ihm verteilt sind, und nach der von der Menge des Dotters abhängigen Größe. Und auch das Bild der ersten Entwicklungsvorgänge, die mit der Art der Anordnung des Protoplasma und des Dotters zusammenhängen, ist verschieden. Im Ei der Säugetiere, das etwa 0,2 mm mißt, sind die beiden Substanzen gleichmäßig verteilt; es tritt aber hierin keineswegs eine Eigentümlichkeit der höheren Tierklassen in die Erscheinung, sondern auch die Eier gerade niederer Tiere: Würmer, Mollusken, Echinodermen, Coelenteraten zeigen die gleiche Größe und die entsprechende Substanzverteilung. Amphioxus noch, das niederste Wirbeltier, steht in bezug auf den Eitypus den Säugetieren recht nahe. Aber im Ei der Amphibien ist der Dotter in bedeutender Menge vorhanden, und die beiden Substanzen beginnen sich in dem entsprechend vergrößerten Ei polar zu differenzieren. Bei vielen Arthropoden differenziert sich das Deutoplasma zentral. Im Vogelei sind die korrelativen Abänderungen noch schärfer ausgeprägt. Auf den verschiedenen Grundlagen geht eine verschiedene Entwicklung vor sich. Die Eier der Wirbellosen machen entsprechend der gleichmäßigen Verteilung des Protoplasma im ganzen Eiraum eine totale Furchung durch (holoblastische

Eier). In den an Nahrungsdotter reichen Eiern der Selachier, Teleostier, Reptilien und Vögel bleibt die Furchung auf die Teile beschränkt, in denen das Protoplasma sich findet. Und dieses Bild großer, dotterreicher, meroblastischer Eier wandelt sich in der höchsten Tierklasse merkwürdigerweise wieder in den primären Typus eines kleinen, dotterarmen, holoblastischen Eies.

Wie findet sich die Deszendenztheorie mit dieser Tatsache ab? Wie erklärt sie es, daß am Anfange der Entwicklung und auf ihrer höchsten Stufe derartige Übereinstimmungen herrschen? Daß die Idee des Fortschritts sich hier so gar nicht verrät?

Die Abstammungslehre ist um eine Auskunft nicht verlegen; im Gegenteil, sie erblickt in den geschilderten Tatsachen eine sehr wesentliche Stütze. Die Eihäute der Säugetiere zeigen in ihren frühesten Entwicklungsstadien eine große Übereinstimmung mit denjenigen der Reptilien und Vögel auf: auch bei den Säugetieren finden wir einen Dottersack, ein Amnion, eine seröse Hülle und eine Allantois. Der Säugetierkeim erfährt also Änderungen, die in der Entwicklung der andern Tiere als eine Folge der Dotteransammlung gedeutet werden. O. Hertwig stellt die Frage: „Warum entwickelt sich bei ihm (Säugetierkeim) ein Dottersack, der keinen Dotter enthält, mit einem Blutgefäßsystem, das zur Dotterresorption bestimmt ist?" und erteilt die Antwort: „Die Säuger müssen von Tieren abstammen, welche große, dotterreiche Eier besessen haben, ovipar gewesen sind und bei denen sich infolgedessen die embryonalen Hüllen in gleicher Weise wie bei Reptilien und Vögeln entwickelt haben. Bei ihnen müssen die Eier erst nachträglich ihren Dottergehalt wieder eingebüßt haben, und zwar von dem Zeitpunkt an, als sie nicht mehr nach außen abgelegt, sondern in der Gebärmutter entwickelt wurden. Denn hiermit war für den werdenden Keim eine neue und ergiebigere,

weil unbeschränkte Quelle der Ernährung gefunden in Substanzen, die von den Wandungen der Gebärmutter ausgeschieden wurden. Es bedurfte daher nicht mehr der Mitgift des Dotters. Die Hüllbildungen aber, die durch den Dottergehalt der Eier ursprünglich ins Dasein gerufen worden waren, haben sich erhalten, weil sie auch noch in mancher andern Beziehung von Nutzen waren, und weil sie unter Wechsel ihrer Funktion in den Dienst der Ernährung durch die Gebärmutter traten und dementsprechende Abänderungen erfuhren."

Es läßt sich nicht leugnen, daß die problematischen Tatsachen damit eine ansprechende finale Erklärung gefunden haben. Es drängt uns aber doch, zu wissen, mit welchen Mitteln die Natur diese Zweckmäßigkeit erreicht hat. Welchen Ursachen ist es zu verdanken, daß das Säugetierei in bezug auf die Verteilung der Substanzen eine so ganz andre Ausbildung erfährt, und daß dementsprechend die Größe des Eies in so eigenartiger Weise variiert? Kurz, wir stellen die Frage: welcher Art sind die Bedingungen, unter denen bei den Säugetieren zum Unterschiede von den andern Tieren die Ovogenese sich vollzieht?

Das Keimepithel, welches das Ovar überkleidet, besteht aus Zellen, von denen einzelne sich zu besonderen, rundlichen Elementen entwickeln. Dieses sind die sogenannten Ureier. Die Ureier liegen gewöhnlich in Gruppen beisammen, die als „Einester" bezeichnet werden. Balfour und van Beneden haben nun die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, daß mehrere Ureier zu einer vielkernigen Protoplasmamasse verschmelzen, und daß sich in dieser später meist nur ein einziges Ei entwickelt. Auch bei den Wirbellosen ist dieselbe Erscheinung zu beobachten; Weismann hat sie im Stamme der Arthropoden genau verfolgt. Bei niederen Krebsen und Insekten wird von zahlreichen Ureiern, die in einem Keimfach eines Eierstockschlauchs enthalten sind, nur eins zum Ei. Werfen

wir nun die Frage auf, aus welchen Quellen das Ei denjenigen Stoff bezieht, der ihm zu seiner Ernährung notwendig ist, so kommen zwei solcher Quellen in Betracht. Als die eine müssen jene Eier bezeichnet werden, über die das endlich allein bestehende Ei den Sieg davongetragen hat. Die unterlegenen Eier zerfallen, und die Zerfallsprodukte werden in das definitive Ei als Dotter mit herübergenommen. Als eine zweite Ernährungsquelle treten Zellengruppen auf, die das zentrale Ei umgeben: die Eifollikel. Den Follikelzellen fällt bei der Ernährung des Eies eine sehr wesentliche Rolle zu; dies kann nicht bezweifelt werden, nachdem man bei Haien und Dipneusten und andern Tieren in den Follikelzellen Dotterkörnchen gefunden hat, wie sie in der Eizelle selbst vorkommen. Die Dotterhaut ist von Kanälchen durchbohrt, durch welche die Follikelzellen Protoplasmafäden nach dem Ei hindurchsenden; sie transportieren die Nahrungssubstanz aus der gefäßhaltigen Follikelkapsel in das Ei.

Es tritt nun ein seltsames Paradoxon auf. Die Eifollikel bilden zweifellos eine Ernährungsquelle mehr; und von dem Reichtum der zugeführten Nahrung ist die Größe des Eies abhängig. Nun beginnt diese neue Ernährungsquelle sich gerade an dem Punkte der Tierreihe auszubilden, wo die Größenabnahme des Eies beginnt. Bei den niederen Abteilungen der Wirbeltierreihe (Fischen, Amphibien) stellt sich der Eifollikel als eine bloße Einsenkung des Epithels dar, die sich zuweilen nicht einmal vollständig abschnürt. Die Follikelbildung hat zunächst zweifellos den Zweck, ein bedeutenderes Wachstum der Keimzelle herbeizuführen, und wir sehen, daß sie in der Tat im Beginne ihrer Funktion diesen Zweck vollständig erfüllt. Das Wachstum der Eizelle vollzieht sich in deutlicher Abhängigkeit von dem rüstig fortschreitenden Follikelwachstum. Wir sollten demnach erwarten, daß das Substanz- und Größenverhältnis des Säuge-

tiereies sich gerade umgekehrt gestalten werde, als es in Wirklichkeit geschieht. Welches Novum tritt ein, um die Entwicklung des Säugetiereies derjenigen Vollendung zuzuführen, in der es sich endlich zeigt?

Der Vorgang ist folgender. Bei den Säugetieren verändert sich mit einem Male das Wachstumsverhältnis, und das Wachstum der Eizelle hält nicht gleichen Schritt mit dem Follikelwachstum. Die Eizelle bleibt zurück, während der Follikel sich vergrößert. Und eine ganz andre Entwicklungstendenz tritt nunmehr zu Tage. Die Elemente des Follikelepithels vermehren sich lebhaft; gemeinsam mit einer jetzt auftretenden Flüssigkeit, dem liquor folliculi, füllen sie den Follikelraum aus; unter der Druckwirkung der Flüssigkeit wird die Albuginea, welche den vorgewölbten Teil des Follikels überkleidet, dünn, das Gewebe der Schichten der Theca folliculi ändert sich, und der Follikel berstet, seinen Inhalt entleerend. Dann tritt das Ei aus dem Ovarium und wird vom Eileiter aufgenommen.

In der so angeschauten Ovogenese liegt der Ernährungszweck gleichsam mitten auf dem Wege. Folgt aber daraus nicht, daß diejenige Zweckbetrachtung, die ihr Augenmerk ausschließlich auf die Ernährung gerichtet hat, eine einseitige gewesen sein könnte? Daß sie ein Prinzip der Entwicklung, welches wir vielleicht mit Polytelismus bezeichnen könnten, vernachlässigt hat? Und wenn mehrere Zwecke ineinander übergreifen, wann war der eine erreicht und wann wurde der andre unmittelbar angestrebt? Wann war der Ernährungszweck erledigt? Erhält das Ei genau so viel Nahrungsdotter, als es nötig hat?

Von den spärlichen Untersuchungen, die auf diesem Gebiete zu verzeichnen sind, gibt uns eine Bestimmung Tichomiroffs der quantitativen Zusammensetzung der Bombyxeier vor und nach der Bebrütung einigermaßen Aufschluß. Er fand in 100 Gramm der Eier:

	vor der Bebrütung:	am Ende der Bebrütung:
Feste Substanz	35,51 g	30,20 g
Eiweiß und unlösliche Salze	11,31 „	9,20 „
Wasser-Extrakt	5,81 „	5,46 „
darin Glykogen . . .	1,98 „	0,74 „
Äther-Extrakt	9,52 „	6,46 „
„ darin Fett . .	8,08 „	4,37 „
„ „ Lezithin .	1,04 „	1,74 „
„ „ Cholesterin	0,40 „	0,35 „
Chorionin	8,87 „	8,87 „
N-reiche Basen	0,02 „	0,21 „
Chitin	— „	0,21 „

Es ergibt sich, daß die Eier bei ihrer Entwicklung die in ihnen enthaltenen Eiweiß-Glykogen- und Fettstoffe keineswegs vollständig aufbrauchen, sondern nur zu einem größeren oder geringeren Teile.

Wenn es gestattet ist, diesen speziellen Fall als Maßstab zu benutzen, so wird man folgern: Was dem Ei an Substanz dargeboten wird, überschreitet, falls nur die Ernährung ins Auge gefaßt wird, die Grenze des Notwendigen: die Ernährung kann nicht der alleinige Zweck des Dotterreichtums, der Follikel nicht ausschließlich Ernährungsquelle sein, sei es nun, daß Reservestoff für Regenerate angesammelt wird, der allmählich dem Bildungsdotter assimiliert wird, sei es, daß ein andrer Zweck verfolgt wird. Das Entwicklungsbild drückt sich ganz anders in der Anschauung aus: als ein polyteler Entwicklungsprozeß mit dem Zweckwandel der Elemente. Das Blutgefäßsystem, das zur Dotterresorption bestimmt war, entwickelt sich zu dem Ende, Substanzen, die von der Gebärmutter abgesondert werden, aufzunehmen. Ob nun aber diese Entwicklungstendenz in einem Falle zur vollen Reife gelangt, ob sie in andern Fällen einer andren partiellen Tendenz Raum gibt, auf

ihrem längeren oder kürzeren Wege tritt die Dotteransammlung als eine homologe und simultane Bildung auf. Mögen die Abnahme des Dotters und die Tendenz zum Zweckwandel der Hüllen für sich zeitliche Folgen sein, in Beziehung auf einander stellen beide Prozesse eine Gleichzeitigkeit dar, deren Notwendigkeit deszendenztheoretisch schließlich ebensowenig einzusehen ist, wie diejenige der Verknüpfung des Auftretens des Amnion mit der Kopfbeuge der Amnioten. Gleichwie die Amnionfalten einander entgegenwachsen und schließlich verwachsen, streben alle diese Prozesse, in den verschiedenen Tierklassen einander homolog, dem Ziele einer speziellen Organisation zu.

So wird denn auch die Gastrulation (wobei jedoch die von Hubrecht neuerdings betonten unterschiedlichen Bildungen durch Einstülpung bei Amphioxus und durch Abspaltung bei allen Cranioten zu beachten sind), die Segmentierung, die Amnionbildung (die Mehnert im übrigen gerade als das Muster für den Nachweis der Spezifität ausersehen hat) als eine primäre Homologie und keineswegs als ein genetischer Erwerb sich darstellen. Der Ein-Zellen-Beweis aber — ich meine den ersten deszendenztheoretischen Satz, der sich auf die Tatsache gründet, daß sowohl eine Zelle die embryonale Entwicklung einleitet, als auch die Urtiere einzellig sind, — ist kein physiologischer, kein morphologischer Beweis, sondern eine numerische Feststellung, und zwar die prinzipiell bedeutungsloseste.

In eine tiefere Erkenntnis der Ovogenese hoffen wir im zehnten Kapitel, am Ende des systematischen Teils, einzudringen.

Zweites Kapitel.

Die vergleichende Anatomie und Biontotechnik.

Inhalt.

Der homologe Bau der Wirbeltiere. — Spezifische Bauelemente, durch spezifische Bewegungen und Funktionen bedingt: Brustbein, Schlüsselbein, Maulwurfshand. — Prinzipiell verschiedenartige Lösung gleicher mechanischer und funktioneller Aufgaben: Stellungsänderung des Kopfes, Mechanismus der Kieferzange, Anatomie der Sinnesorgane. Exkurs in die Mutationstheorie. — Konvergenz grundverschiedener Tiere in bezug auf das Äußere der Apparate und Organe: Schnabel, Bezahnung, Zunge, Organ an der Retina. — Die Fünfzehigkeit und das allgemeine Formgesetz der Pentamerie. — Die Handbildung bei Tieren und beim Menschen: auf einen spezifischen Organisationscharakter zurückweisend. — Die Konstanz der Spezies und die Urkraft der Natur.

Wenn wir von den primären Formelementen zum weiteren Aufbau fortschreiten, so stoßen wir auf Übereinstimmungen, die die vergleichende Anatomie festgestellt hat, und die als Zeichen der Stammesgeschichte und der natürlichen Verwandtschaft gedeutet worden sind. Als eine fundamentale Tatsache dieser Art gilt, daß der Bauplan der Wirbeltiere eine ersichtliche Einheitlichkeit verrät; auch gilt es als sicher, daß die Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugetiere von einer fünfzehigen Urform abstammen.

Was den allgemeinen Bauplan der Wirbeltiere betrifft, so verbietet sich eine deszendenztheoretische Auslegung von selbst. Eine solche konnte nur zu einer Zeit Wurzel fassen, in der die jetzt aufblühende Wissenschaft der Statik und Mechanik (Kinematik, Biontotechnik) der Tiere nur im Keim vorhanden war. Denn im Bauplan der Wirbeltiere ist nichts andres realisiert als die einfache Lösung eines biostatischen Grundproblems. Auf einem Pfeilerpaar ruht der Rumpf der Wirbelsäule gleich einem Brückenbogen; vorn und hinten zwei bewegliche Anhänge oder Hebel zum Zwecke der Einwirkung auf die Umgebung. Mit der Idee eines Organischen höherer Ordnung ist das Problem und auch seine Lösung von selbst gegeben, und das Durchdauern dieser statischen elementaren Gesetzlichkeit erklärt sich als eine Homologie so selbstverständlich und erschöpfend, daß das Suchen und Finden der weiteren deszendenztheoretischen Erklärung ein

offenkundiger methodologischer Fehler ist. Die Erklärungskraft der Homologie würde allenfalls erst bei der Betrachtung der speziellen Tiermechanismen in Frage gestellt werden können. Aber hier stellen sich Grundtatsachen heraus, deren Ansturm das Gebäude der Abstammungslehre wanken macht.

Als erste Tatsachengruppe führen wir an: Es gibt spezifische Elemente im Bau, die zu spezifischen Bewegungen und Funktionen der Tiere in Beziehung stehen, die vorhanden sind, wenn bestimmte Bewegungen der Tierart eigentümlich sind, und fehlen, wenn die entsprechenden Bewegungen es erfordern.

Den Fischen und Dipneusten fehlt das Brustbein; dagegen kommt es bei den Amphibien, Reptilien, Vögeln und Säugetieren vor. Bei der Besprechung des Gegensatzes zwischen der Entwicklung des vordersten Abschnitts des Achsenskeletts (Kopf) und des übrigen Abschnitts desselben (Rumpf) bemerkt O. Hertwig treffend: „Die Rumpfmuskulatur ist bei den im Wasser lebenden Tieren das wichtigste Lokomotionsorgan, indem sie den Rumpf bald nach dieser, bald nach jener Richtung einbiegt und dadurch im Wasser vorwärts strebt. Wäre dagegen der Kopfabschnitt ebenso biegsam und beweglich, so würde daraus für die Vorwärtsbewegung ein Nachteil erwachsen, da ein unbeweglicher Teil wie ein Wasserbrecher wirkt.“ Damit hängt wohl auch zusammen, daß der Kopf der Fische zum Unterschiede von dem der Vögel und Säugetiere überhaupt keine Stellungsänderung ausführen kann. Wir dürften also nicht fehlgehen, wenn wir annehmen, daß die Entstehung eines neuen Skeletteils an der Brustwirbelsäule, der (ähnlich wie der Knorpelverband, der am Rumpfrückgrat der Säugetiere die eigentlichen Gelenke ersetzt) die Beweglichkeit des Rumpfs einschränkt, mit der andersgearteten Aufgabe zusammenhängt, die den landbewohnenden Tieren gestellt ist.

Manchen Säugetieren, z. B. dem Steinbock, fehlt das Schlüsselbein. Die Schulterblätter sind nur durch die Muskeln am Brustkorb befestigt; daher ist die Beweglichkeit der Schultern sehr groß. Hätte aber der Steinbock einen starren Schultergürtel, so würde die bei der Sprungbewegung entladene Wucht des Körpers gar leicht den Bruch des Schultergürtels herbeiführen.

Es ist bekannt, daß der Grabfuß des Maulwurfs von Darwin und seinen Anhängern vielfach besprochen worden ist. So führt Rolph aus: „Durch platte, schaufelförmige, kräftige Vorderbeine ausgezeichnete Geschlechter züchteten sich durch Auslese und, als das Arbeitsfeld zum größten Teile unter die Erde verlegt war, kam auch die mehr oder weniger günstige Form des Kopfes und der Hinterbeine, sowie die zylindrische Gestalt des ganzen Körpers in den Bereich der formenden Kraft der natürlichen Züchtung.“ Damit ist aber das anatomische Problem, das hier vorliegt, auch nicht annähernd richtig gewürdigt. Schon mehr geht auf das Wesentliche Goette ein: „Seine Hand ist in eine wahre Schaufel verwandelt, an der infolge der Einlagerung eines langen gebogenen Knochens an der Daumenseite selbst eine scharfe Kante nicht fehlt. Der Arm ist verkürzt, seine Knochen für die Muskelansätze mächtig verbreitert und dadurch die Hebelwirkung außerordentlich verstärkt.“ Wirklich aufklärend aber ist die Darstellung Grabers. Danach ist die an der Daumenseite gelegene Hornsichel gewissermaßen ein überzähliger sechster Finger, dem eine zur Elle und Speiche hinzutretende dritte Unterarmstütze entspricht. Der Ellenbogenfortsatz ist, wie auch beim Gürteltier, ungewöhnlich verlängert: eine Einrichtung, die eine Verstärkung der Muskelwirkung bezweckt; auch ist er mit einer besonderen Handhabe versehen. Es ist mithin nicht ganz richtig, daß der Grabfuß des Maulwurfs eine mit der Greifhand des Menschen oder dem Flügel der Fledermäuse übereinstimmende Bildung sei.

Mit dieser und den andern Tatsachen, mit denen wir uns von der statischen Elementargesetzlichkeit der besonderen Gestaltung zuwandten, wird die Betonung Darwins und seiner Anhänger, daß die den verschiedensten Zwecken dienenden Instrumente die gleiche Bildung zeigen (die Greifhand des Menschen, der Grabfuß des Maulwurfs, das Rennbein des Pferdes, die Ruderflosse der Seeschildkröte, der Flügel der Fledermaus), und daß eben darum die vergleichende anatomische Betrachtung so zwingend für die gemeinsame Abstammung spreche, entschieden aufgehoben.

Eine zweite Tatsachengruppe belehrt uns, daß gleiche mechanische und überhaupt funktionelle Aufgaben bei den verschiedenen Tierarten in prinzipiell verschiedener Weise gelöst sind, eine Tatsache, über welche der Gedanke einer durch Vererbung und Anpassung geschehenen Entwicklung durchaus kein Licht verbreitet. Weiterbildung wäre verständlich, grundsätzliche Neubildung ist deszendenztheoretisch absolut unerklärlich.

Im Gegensatz zu den Fischen können die Reptilien, Vögel und Säugetiere Stellungsveränderungen des Kopfes ausführen: er kann gehoben und gesenkt und mehr oder weniger stark um seine Längsachse gedreht werden. Das betreffende Gelenk ist bei den Reptilien und Vögeln ein freies Pfannengelenk, bei den Säugetieren tritt dagegen ein ganz andres Prinzip auf: das einfache freie Gelenk ist in zwei Gelenke zerlegt, von denen jedes nur eine Bewegung um eine Achse zuläßt.

In bezug auf den Mechanismus der Kieferzange bestehen zwischen den verschiedenen Tierarten grundsätzliche Unterschiede. Wir betrachten zunächst die Beziehungen des Unterkiefers zum Schädel. Bei den Säugetieren ist der Unterkiefer direkt am Schädel eingelenkt. Bei den Vögeln ist zwischen Unterkiefer und Schädel ein besonderer beweglicher Verbindungsknochen (Quadratbein) eingeschaltet. Auch

bei den Schlangen sind Unterkiefer und Schädel durch ein Quadratbein verbunden; aber dieses entspringt hier nicht unmittelbar am Schädel, sondern an einem Fortsatze desselben (Schuppenbein). Zwischen Unterkiefer und Schädel der Fische befindet sich eine reichgliedrige große Platte; an den Kieferstiel lehnt sich das innere Flügelbein, und dahinter ein abgeschlossenes äußeres Flügelbein; die eigentliche Verbindung mit dem Schädel stellt das Kiefernzungenbein her; außerdem sind noch die speziellen Kiemendeckplatten Teile der reichgliedrigen Platte. — Der aufsteigende Ast des Unterkiefers, den wir bei den Säugetieren finden, fehlt den Vögeln; der hintere Hebelarm des Unterkiefers, der an den Vögeln wahrzunehmen ist, fehlt den Säugetieren. — Die Verbindung des Zwischen- und des Oberkiefers mit dem Mittelkopfe weist grundsätzliche Verschiedenheiten auf. Bei den Säugetieren ist diese Verbindung durch eine breite und unnachgiebige Naht hergestellt. Bei den Vögeln tritt als verbindendes Element ein förmliches Scharniergelenk auf. Bei den Schlangen ist der Zwischenkiefer ganz verkümmert. Bei den Fischen liegt vor den Seitenkiefern der Oberbacke ein großer Zwischenkiefer; die Verbindung mit dem Unterkiefer und dem Schädel stellt eine elastische Zwischenhaut her. — Der Jochbogen steht bei den Säugetieren in der Mitte ganz frei vom Schädel ab. Bei den Vögeln ist er mit dem beweglichen Quadratbein verbunden, bei den Schlangen durch ein darmsaitenartiges Band vertreten. — Bei den Säugetieren ist der Gaumen-Flügelbeinpfeiler mit dem Schädel verschmolzen. Bei den Vögeln sind das Gaumen- und das Flügelbein ganz freie Seitenstreben und stützen sich auf die Quadratbeine. Das Gaumenbein der Schlange liegt innerhalb des Seitenkiefers und stellt einen zweiten Oberkiefer dar. Die obere Zangenbacke besteht eigentlich aus vier gesonderten beweglichen Hebeln. Das Flügelbein ist durch das Querbein mit dem Oberkiefer

verbunden. — Die Mundöffnung der Fische ist nicht, wie bei andern Tieren, gerade nach vorn, sondern stark nach aufwärts gerichtet; das Maul besteht nicht aus zwei, sondern aus drei durch Scharniere verbundenen Stücken.

Von dem Grundschema der gewöhnlichen Zange ausgehend treten im Tierreich nach- und nebeneinander vom Urschema und voneinander wesentlich abweichende Prinzipien auf, welche Skelett und Muskeln jedesmal in einer von Grund aus andern Weise formieren. Ist es glaublich, daß ein genetisches Band die Träger dieser „heterogenen" Prinzipien miteinander verknüpft?

Innerhalb des Säugetierstammes wiederum grundsätzliche Verschiedenheiten! Der Katzenunterkiefer beruht auf dem Prinzip eines echten Scharniergelenkes. Beim Nagetiergelenk ist der Zwang durch kinematische Ursachen verringert, indem die Rinne zur Aufnahme des Unterkiefers oft der Länge nach verläuft, also nur eine Führung darstellt. Beim Menschen ist das Prinzip des gemischten oder freien Gelenkes realisiert.

Wenn man hinsichtlich der Anatomie der Sinnesorgane die Plakodentheorie von Kupffers annimmt — und diese Theorie erfreut sich einer großen Anerkennung — so folgt mit unabweisbarer Notwendigkeit der Schluß, den bereits Burckhardt gezogen hat, daß die Sinnesorgane der Wirbeltiere neu entstandene, nicht aus den entsprechenden Sinnesorganen der Wirbellosen abgeleitete Gebilde sind. Daß für die Sehorgane hierüber ein Zweifel nicht möglich ist, wird man Burckhardt ohne weiteres einräumen müssen. Beachtenswert dünkt mich auch die Entstehung des Akkommodationsapparates, über dessen Beziehung zum Schädel wir eine schöne Arbeit von Danziger besitzen.

Hier geht ein tiefer Riß durch die Natur, den die Abstammungslehre nicht überbrücken kann. Was in aller Welt konnte die schaffende Natur veranlassen, gleichsam die Ein-

sicht zu gewinnen, daß ihr Werk nicht gut sei, und noch einmal von vorn zu beginnen, um gewissermaßen mit einiger Beschleunigung das Werk zu einem besseren Ende zu führen. So weit ich sehe, ist nur vom Boden der Mutationstheorie aus eine gewisse Ausrede möglich. Man könnte Begriff und Umfang der sprunghaften Variation einer Spezies dahin erweitern, daß nicht nur morphologische, sondern auch physiologische Merkmale davon betroffen werden. Wenn man diese Erweiterung, die wohl durch keine einzige Tatsache gestützt werden könnte, zulassen wollte, so würde man wohl nicht umhin können, anzuerkennen, daß die Mutation nicht richtungslos, sondern final erfolge. Man würde damit in einen Widerspruch zu dem Begründer der Mutationstheorie treten. Man muß sich also klar machen, daß die Theorie einer plötzlichen zweckmäßigen oder doch nicht unzweckmäßigen Verlagerung von Skeletteilen und Muskeln, von Translokationen seltsamster Art, von einem rätselhaften Werden und Vergehen eingeführt werden muß, um die Abstammungslehre zu retten. Ist aber dieser Preis nicht zu hoch? Eine solche Mutationstheorie wäre keine einfache und zweckmäßige Theorie mehr, sondern eine schlechte Hypothese.

Eine dritte Tatsachenreihe beweist, daß gerade das Äußere der Funktionsapparate in einer schier unbegrenzten Weise der Konvergenz unterliegt, ohne daß hierdurch das Wesen der Art betroffen würde. Damit wird jedes vergleichende anatomische Argument der Deszendenzlehre, das mit der funktionellen Anpassung operiert, bis ins Mark entkräftet. Mit derselben Entschiedenheit, mit der wir die Möglichkeit, daß mit der Divergenz der Charaktere mechanische Wandlungen einhergehen konnten, ablehnen müssen, müssen wir fordern, daß in bezug auf das Äußere der Apparate grundverschiedene Arten überaus weit konvergieren. Werden wir also zu dem ersten Schlusse gedrängt, daß

Arten und Gruppen, die durch mechanische Besonderheiten heute geschieden sind, in keinem genetischen Verhältnisse stehen können, so vermögen wir uns auch dem ebenso klaren ergänzenden Schluß nicht zu entziehen, daß die anatomische Übereinstimmung der Apparate (Extremitäten, Organe) den ersten Schluß keineswegs bedenklich macht, weil sie in der Tat gar nichts für die Abstammungslehre beweist.

Der Schnabel ist ein Instrument, das durch viele Tierreiche verbreitet ist. Er findet sich bei den Säugetieren, Vögeln, Reptilien und Fischen. Eine konvergente Schnabelbildung und Bezahnung weisen sehr verschiedene Tiere auf, wie Sägetaucher, Gangesgavial, Kaimanfisch und indischer Schnabeldelphin. Die Zähne des Mammuts (Elephas primigenius) stimmen mit denen des indischen Elefanten fast überein, während im übrigen eine spezifische Übereinstimmung nicht besteht.

Zwischen der Zunge von Oxysoma und der von Atemeles besteht eine fast vollkommene Übereinstimmung. Als morphologisches Kennzeichen der echten Gäste unter den myrmekophilen und termitophilen Arthropoden hat Wasmann gewisse Anpassungscharaktere hervorgehoben. Dahin gehört auch eine bestimmte Umbildung der Mundteile, welche mit der Fütterung der Gäste durch ihre Wirte zusammenhängt. Die Zunge von Oxysoma ist nun stark verkürzt und verbreitert, und dies deutet nach Wasmann darauf hin, daß dieser Käfer aus dem Munde der Ameisen gefüttert wird. Im allgemeinen ist die Zungenbildung als eines der sichersten morphologischen Kriterien der Symphilie anzusehen, so daß man aus dem Grade der Verbreiterung der Zunge auf den Grad der Abhängigkeit des Gasts vom Wirte schließen kann. Atemeles ist mit Oxysoma keineswegs näher verwandt, zeigt aber, wie bemerkt, dieselbe charakteristische Zungenform. Wasmann ist denn auch geneigt, die übereinstim-

mende Zungenform auf biologische Konvergenz infolge ähnlicher Beziehungen zu den Wirtsameisen zurückzuführen. Escherich jedoch, der den Oxysomen eingehende Studien gewidmet hat, scheint gegen die Richtigkeit dieser ihm von Wasmann mitgeteilten Deutung begründete Zweifel zu hegen. Denn, während Atemeles von seinen Wirten gefüttert wird und ohne diese bald zu Grunde geht, erhält Oxysoma niemals aus dem Munde seiner Wirte Nahrung. „Einmal beobachtete ich einen Vorgang, der einer Fütterung ähnlich sah: ein Oxysoma drängte sich zwischen zwei sich fütternde Arbeiterinnen und machte sich in der Nähe ihrer Mundwerkzeuge zu schaffen. Eine genaue Beobachtung mit der Lupe überzeugte mich aber, daß der Käfer nicht etwa mitgefüttert wurde, sondern daß er einfach die Unterseite der beiden Ameisenköpfe beleckte. Da ich dies nur ein einziges Mal sah, so wird es sich wohl auch nur um ein zufälliges Zusammentreffen der gegenseitigen Ameisenfütterung und Oxysoma-Beleckung gehandelt haben." Aber auch Oxysoma geht, von seinen Wirten fern gehalten, bald ein; wahrscheinlich bezieht der Käfer seine Nahrung aus den Hautdrüsen seiner Wirte. Die Ähnlichkeit mit Atemeles in bezug auf die Zungenform ist also eine ganz rätselhafte, aber sie ist vorhanden trotz fehlender Verwandtschaft.

Noch einer merkwürdigen Konvergenzerscheinung sei gedacht. Das Hyperoodon, welches, da es in Tiefen bis tausend Meter hinabsteigt, mit Recht ein Tiefseesäugetier genannt worden ist, weist eine von Pütter näher beschriebene höchst merkwürdige Ausstülpung der Retina auf. Um einen genetischen Erwerb irgend welcher Art kann es sich nicht handeln: von keinem Wirbeltier ist bekannt geworden, daß seine Retina die Fähigkeit hätte, eine ähnliche Bildung aus sich hervorgehen zu lassen. Nun hat Brauer bei einigen Tiefseefischen der Valdivia-Expedition eigenartige Bildungen an der Retina beschrieben, insbesondere bei Gigantura chuni

ein größeres Stück Nebenretina, das mit der erwähnten Ausstülpung eine überraschende Ähnlichkeit zeigt. Hieraus schließt Pütter mit Recht: „Tiefseefische und Säugetiere erwerben unabhängig voneinander durch konvergente Anpassung an die gleichen Lebensbedingungen das gleiche sonst in der Wirbeltierreihe anscheinend nirgends vorkommende Sinnesorgan."

Wir fassen nun eine Frage besonders ins Auge, der die deszendenztheoretische Arbeit eine eingehende Beachtung geschenkt hat. Durch vergleichende anatomische Betrachtung der Flossen der Haifische hat Gegenbaur ein Ergebnis gewonnen, welches diejenigen, die sich davon überzeugen ließen, und nicht wie Minot und Fleischmann und gewissermaßen auch Kollmann und Wiedersheim dem Resultat sehr skeptisch gegenüberstehen, so ausdrücken: Aus den polydaktylen Flossen der Fische und Dipneusten entwickelte sich der pentadaktyle Fuß der Amphibien und vererbte sich von dieser Stammgruppe der Vierfüßer auf sämtliche Amnioten —Reptilien, Vögel und Säugetiere (Haeckel). Daß aber die Prämissen, mit denen er arbeitete, keine sicheren seien, erkennt Gegenbaur selbst sehr entschieden und zugleich in einer Weise, die unsere eingangs geäußerte Anschauung über die Bedeutung der allgemeinen anatomischen Ähnlichkeit bestätigt: „Wir haben selbst bei den Selachiern solche bedeutenden Verschiedenheiten im Flossenbau gefunden, daß nur wenige Stücke in allen gleichmäßig nachgewiesen werden konnten, die bei weitem größere Mehrzahl dagegen keine Vergleiche zuließen. Das Armskelett der höheren Wirbeltiere verhält sich nicht anders zum Floßskelett der Selachier usw. als die Floßskelette der Selachier etc. unter sich. Auch bei diesen fand die Vergleichung nur eine Homologie der Einrichtung des Ganzen, nicht der einzelnen Teile." Man kann das Ergebnis aller älteren und neueren Untersuchungen etwa so zusammenfassen, daß zwar das

Flossenskelett sämtlicher Hauptgruppen der Fische sich auf einen Grundtypus zurückführen läßt, daß aber die Anknüpfung an die Extremitäten der Amphibien nicht gelingen will (Wiedersheim).

Eine merkwürdige und störende Ausnahme von der Regel der Fünf- oder doch der Vielzehigkeit bot lange das Pferd. Paläontologische Funde, namentlich die von Leidy, Cope und Marsh, veränderten die Sachlage wesentlich. Nun schien sich eine phyletische Entwicklungsreihe von seltener Vollständigkeit zu zeigen. Ein durch Besonnenheit ausgezeichneter Forscher wie J. Reinke konnte nicht umhin, das neu erschlossene Bild mit einer gewissen Einschränkung als eines der schlagendsten Indizien für die Richtigkeit der Abstammungslehre anzuerkennen. Dagegen hat Fleischmann, wie ich glaube, mit Recht betont, daß die Gruppierung der Hände nach der Zahlenfolge der Finger ohne die Anschauung der korrespondierenden andern Körperteile wenig beweise. Er erinnert an die dreizehige und an die zweizehige Faultierart in Südamerika, die voneinander so stark abweichen, daß eine Reduktion der Zehen hier genetisch nicht vermittelt sein könnte. Er weist auf die bei allgemeiner Formähnlichkeit im gegebenen Falle vorhandene Differenz der Bezahnung, des anatomischen Baues des Skelettes hin. Namentlich hebt er auch die Schwierigkeit hervor, die darin besteht, daß die Individuen der als Stammväter betrachteten Arten und die Individuen der angeblich aus ihnen entsprossenen Arten gleichzeitig miteinander im obersten Miocän und im oberen Pliocän vorkommen. Doch es wäre vielleicht unbillig, gegenüber dem bekannten Zauber der Marshschen Tafeln solche Ausstellungen zu machen.

Ich beabsichtige jedoch, der Frage von einer ganz anderen Seite kritisch näher zu treten. Die Deszendenztheorie hat sich darin finden müssen, daß so manche prägnante Bildung in den Fluß der Stammesgeschichte unter-

getaucht ist, und nur noch in der ontogenetischen Rekapitulation sucht sie die entschwundenen Formen. Warum erwartet sie das zähe Festhalten einer Äußerlichkeit, der Pentamerie? Trotzdem sie die Erfahrung gemacht hat, auf die sie in anderer Argumentation sich stützt, daß die Extremitäten stark variieren können — trotzdem in unserem speziellen Falle die Neigung zur Abänderung unverkennbar ist, wie auch der Dinosaurierfuß die Deszendenztheoretiker lehren müßte! Warum paarte die Abstammungslehre Variationslust und Beharrung zu seltsamem Bunde, trotzdem die Ontogemie des Pferdes stumm bleibt, indem sich in ihr nur die Mittelzehen anlegen?

Wir steigen tiefer in das Tierreich hinab. Die meisten Sippen der Käfer gehören zu den Fünfzehern (Pentamera) mit fünf Tarsalgliedern. Bei den Kryptopentameren ist das vorletzte (vierte) Fußglied sehr klein. Auch die Heteromera haben fünf Tarsalglieder an dem vorderen Fußpaar. Beruht das auch auf Abstammung? Nach der Lehrmeinung der heutigen deszendenztheoretischen Dogmatik wird die Frage zu verneinen sein; denn der pentadaktyle Fuß der Amphibien, der sich auf die Amnioten vererbte, entwickelte sich ja aus der Fischflosse! Aus welchem Grunde soll aber bei der augenscheinlich engeren Übereinstimmung keine genetische Beziehung obwalten? Wenn also doch eine geheime genetische Verknüpfung hier stattfände? Ich fürchte, daß die Deszendenztheorie dann zu viel geben würde. Werden wir doch wiederum daran gemahnt, daß die angeblich entwickelte und vererbte Pentamerie immer wieder zurückzugehen strebt. Übrigens dürfte beim Versuch, die Wirbeltiere von den Arthropoden abzuleiten, die Umkehrung des Körpers und die Verlagerung des Mundes denn doch ernste Schwierigkeiten bereiten.

Woher rührt die Fünfgliedrigkeit der Fühler vieler Landwanzen, der Baumwanzen Pentatoma rufipes, P. baccarum,

P. nigricorne? Und weiter. Die Pentacrinoidea (Seelilien), die umfangreiche Klasse der Pelmatozoen, die besonders Jaekel erforscht hat, weisen anfangs auf kleinen Kelchen fünf gegabelte einzeilige Arme auf; die Kelchdecke zwischen den fünf Ambulacralrinnen zeigt fünf große dreieckige Platten (Oralia); allmählich zerlegen sich die fünf Oralien in viele kleine Plättchen. Nun, welche kühne Perspektive eröffnet sich dem Blick des konsequenten Abstammungstheoretikers! Fast möchte man Jaekel zürnen, daß er nur analogieweise von der Hand der Crinoideen spricht und die verschiedenen Umbildungen zu denen der Füße des Pferdes in Beziehung setzt. Nicht unerwähnt bleibe die Bemerkung Jaekels: „Die Reduktion der Seitenzehen dürfte, wie bei den Melocriniden, von der Artbildung unabhängig erfolgt sein."

Gehen wir auf unser Problem näher ein, so finden wir, daß die Fünfstrahligkeit für den Typus der Stachelhäuter charakteristisch ist. Man hat zuerst versucht, die pentaradialen Echinodermen von tetraradialen Nesseltieren (Medusen oder Ctenophoren) abzuleiten. Doch ist diese Hypothese preisgegeben. Jetzt wird angenommen, daß die Stammform ein bilateraler Helminth („wurmartiger Organismus") gewesen sei. Die Larven der Echinodermen sind allerdings bilateral symmetrisch gestaltet. Nun hat aber Neumayr mit gutem Grunde behauptet, daß die Fünfstrahligkeit sich mehrmals unabhängig herausgebildet habe. Und Steinmann bemerkt dazu: „An dem Beispiele der Stachelhäuter konnte ein weiteres Ergebnis der historischen Methode aufgezeigt werden, die allmähliche und mehrfach wiederholte Herausbildung der mathematischen Gesetzmäßigkeit, welche jetzt den Bau der ganzen Klasse beherrscht. Wo derartige Gesetzmäßigkeiten, sei es in Zahl und Lage der maßgebenden Organe, sei es in der regelmäßigen, z. B. kugelförmigen Gesamtgestalt in der Tier- und Pflanzenwelt auftreten, hat man sie mit Vorliebe für Merkmale genommen, die der be-

treffenden Gruppe von einem bestimmten Zeitpunkte ihrer Stammesgeschichte an durch einen einmaligen Vorgang endgültig aufgeprägt worden seien."

Wenn ein hervorragender Vertreter der Abstammungslehre sich so äußert, so ist uns die Frage leicht gemacht: Stellt sich nicht auch die Fünfstrahligkeit überhaupt, der wir in der Organisation immer wieder begegnen, als die homologe Wirkung eines geometrischen Formgesetzes dar?

Bevor wir diesen Gedanken weiter verfolgen, möchte ich die Organisationsleiter noch tiefer hinuntergehen. Amoeba limax sendet unter dem Einfluß von Kalilauge bekanntlich spitze Pseudopodien hervor und nimmt bald die Form von A. radiosa, zuweilen eine fünfstrahlige Form an. Das dürfte auch ein Licht darauf werfen, wie bedeutungslos Zwischenstufen, auch embryonale, sind, wenn ein inneres Formgesetz ausgelöst wird.

Im Pflanzenreich ist das pentamere Prinzip realisiert im Clypeaster, in der Schmetterlingsblüte, in den pentandrischen Dicotyledonenblüten. Die Grundform des Grundrisses eines Clypeaster und einer Schmetterlingsblüte ist die Hälfte einer zehnseitigen amphitekten Pyramide; die stereometrische Grundform einer pentandrischen Dicotyledonenblüte ist die fünfseitige reguläre Pyramide. Die Pollenzellen von Buchholzia maritima zeigen ebenso wie diejenigen vieler anderer Phanerogamen die stereometrische Form des Pentagonal-Dodekaeders vollkommen rein auf (Haeckel).

So tritt bei konsequenter empirischer Forschung der in der Fassung Steinmanns noch spekulative Gedanke als Tatsache vor uns. Freilich dieser Fund, der uns das große Erkenntnisprinzip der Homologie darbietet, ruht seit nunmehr vierzig Jahren ungehoben in der organischen Stereometrie oder Promorphologie von Haeckels „Genereller Morphologie der Organismen." Bei der systematischen Besprechung des Homologie-Prinzips (im 7. Kapitel) werden wir uns noch ein-

gehender mit diesem Gegenstande beschäftigen müssen, und dort wird es sich zeigen, daß dieser rationellen Homologielehre nicht nur eine singuläre beweisende Kraft angesichts bestimmter Probleme wie des unserigen innewohnt, sondern eine prinzipielle Gewalt, die gegen das theoretische Gebäude der Abstammungslehre anstürmt.

Auch auf die Experimente von Tornier, die sich auf die künstliche Erzeugung überzähliger Gliedmaßen beziehen, sei in diesem Zusammenhange verwiesen.

Endlich sei noch ein äußerst wichtiger Organisationsunterschied besprochen. Wenn in irgend einem Punkte, wird sich die Deszendenztheorie in bezug auf die vergleichende Anatomie der Handbildung sicher fühlen. Es lohnt sich aber wirklich, das vortreffliche Buch von Graber über die äußeren mechanischen Werkzeuge der Tiere, aus dem wir in den biontotechnischen Fragen die reichste Belehrung geschöpft haben, zu Rate zu ziehen. Die Katzen- und die Menschenhand stimmen in ihrer Bildung mit Ausnahme der Daumenmuskulatur ziemlich überein. Während bei der Katze die Sehnen vor ihrem Eintritte in die Hand zu einer einheitlichen Platte verschmelzen, und somit eine Kontraktion des zugehörigen Muskels notwendig alle Finger zugleich beugen muß, bleiben die Sehnen der Menschenhand getrennt; dadurch sind wir im stande, jeden Finger für sich zu beugen, wenn auch die Fingerbewegungen nicht ganz unabhängig voneinander sind. Die Menschenhand wird dadurch zu einer wahren Hand, daß der als Daumenballen bezeichnete große Muskel, der am Mittelhandknochen des ersten Fingers angreift, denselben vom Grunde an den andern Fingern nähert. Ein hart darüber gelegener anderer Muskel, der aber nicht am Mittelhandknochen, sondern am ersten Gliede des Daumenfingers ansetzt, kann nur eine Beugung des letzteren bewirken. Die benachbarten drei Finger haben keinen solchen kurzen Beuger. Ein flügelartiger Muskel, der

teils am Mittelhandknochen des dritten Fingers, teils an der Handwurzel ansetzt und den Daumen dem dritten, resp. dem zweiten Finger nähert, heißt der Anzieher. Analog dem Daumen nimmt auch der kleine Finger eine gewisse Sonderstellung ein; auch er besitzt eine Art Ballenmuskel, der aber den Finger nicht den andern opponiert, sondern ihn umgekehrt nach außen zieht. Dafür besitzt der Kleinfinger aber ebenfalls einen kurzen Beuger. Die Menschenhand weist eine Ungleichheit sowohl in bezug auf die Länge der freien Finger oben und unten, als auch in bezug auf die Länge der einzelnen Finger auf. Vermöge der ersteren Eigenschaft wird der sogen. Handteller um ein bedeutendes Stück verlängert, wobei die Querfurche desselben, längs welcher er sich umstülpt, bezw. löffelartig krümmt, genau mit der hinteren Knöchelreihe oder mit der Ursprungslinie der Finger zusammenfällt. Die Ungleichheit in der Länge der einzelnen Finger bewirkt es, daß die angehakten Finger eben wegen der ungleichen Länge sich genau an den Ballen des Daumens anschließen.

Ist also in der Menschenhand alles auf freie Beweglichkeit, alles auf Harmonie angelegt, so zeigt die Affenhand nichts von allen diesen Eigenschaften. Die Hautfalten zwischen den Grundgliedern der Gorillafinger sind außerordentlich lang und beeinträchtigen die Beweglichkeit der Hand. Während der menschliche Daumen eine Bildung ist, die zu der ganzen übrigen Hand harmonisch in Beziehung gesetzt ist, sodaß dieses Kooperieren ein ganz bestimmtes Prinzip ausdrückt, ist der „pollex ridiculus“ der Affenhand eine vollkommene Verkümmerungserscheinung. Der Affendaumen ist der Affenhand gerade so überflüssig, wie er der Menschenhand notwendig ist — denn das Prinzip der Greifhand ist bei den Affen ein vollkommen anderes: es beruht auf einem ausgesprochenen Parallelismus der vier Finger, deren Verlängerung die mangelnde Aus-

bildung des Daumens ersetzt. Einen solchen Ersatz finden wir sowohl beim Orang und Gibbon, als auch bei vielen anderen Säugetieren. Wir halten dieses Beispiel für eine der lehrreichsten Warnungen vor dem trügerischen Scheine der äußerlichen anatomischen Vergleichung. Die tiefere Einsicht zerstört die Spekulation.

Nun könnte man allerdings sagen, daß die Bildung der Menschenhand aus der Anpassung an die aufrechte Lebensweise des Menschen, aus der besonderen Verwendung der Hand hervorgegangen sei. Man könnte argumentieren: Die vollkommene Arbeitsteilung ist sehr nützlich; je mehr die Vorfahren des Menschen sich vom Boden erheben konnten, destomehr mußten sie ihre Hand für deren besondere Funktion ausbilden, und je mehr sie die Hand nach oben streckten, desto stärker hoben sie sich vom Boden ab. Diese Erklärung klingt unverkennbar an die berühmte Lamarcksche Giraffenhalserklärung an, vor welcher Darwin seinen sonst ihm eigentümlichen Gleichmut verlor und ordentlich ärgerlich wurde. Selbst wenn wir davon absehen, daß ein solcher Effekt der Arbeitsteilung bei den Affen, die doch in bezug auf Plazenta und Blutzusammensetzung mit dem ihnen angeblich verwandten Menschen übereinstimmen, nicht einmal in den ersten Anfängen vorhanden ist, wie das völlig anders geartete Prinzip ihrer Hand deutlich beweist (was umso verwunderlicher sein dürfte, als für eine Funktionsanpassung die täglich und stündlich zu gebrauchende Hand ein weit günstigeres Objekt bilden mußte, als die meisten anderen Organe), — kann uns nicht entgehen, welche nebelhafte Unklarheit und Verwirrung aller strengen Begriffe sich in der überaus beliebten Annahme der „Wechselwirkung“ ausspricht. Eine wahre und klare Ursache, welche die Ausbildung des Tieres und seiner Organe beherrscht, ist das Verhältnis des Tieres zur Erde, auf der es wohnt. Ob es seine Gliedmaßen, die seinem Rumpf als Tragsäulen dienen,

überhaupt heben kann, hängt von diesem Verhältnisse ab. Wie uns der Ikarusflug zu den Sternen, so ist dem zur Erde gebeugten Tiere die Aufrichtung vom Boden eine Sehnsucht, der nie Erfüllung werden kann. Nur in dem Geiste des Abstammungstheoretikers, in dem die Gedanken leicht beieinander wohnen, nicht in der Welt der Tatsachen, kann sich die organisatorische Revolution, die erforderte gewaltige Verlagerung des Schwerpunkts vollziehen. Die Fähigkeit, die Hand vollkommen auszubilden, weist bereits auf einen spezifischen, vollkommen aufrechten Organisationscharakter zurück, als dessen mögliche — wenn auch nicht notwendige — Folge die menschliche Daumenhand erscheint. In aller Geschichte und Urgeschichte stand der Mensch aufrecht da, jeder Zoll ein König. Und die eherne Konstanz der Gravitation erhebt sich über die Bedeutung eines symbolischen Scheines und wird ein Wahrzeichen der Konstanz der Arten.

Klarer und klarer aber tritt das zweckmäßige Schaffen der Natur hervor. In der homologen Anlegung differenter Gebilde prägt sich die gleiche Ökonomie aus wie in der Annäherung differenter Organe aneinander durch Konvergenz. So lange es angeht, werden die neuen Zwecke mit bereits vorhandenen Mitteln erreicht; wo aber die progressive Teleologie als Postulat einsetzt, da lösen neue Bildungen und Prinzipien die alten ab — während die Urkraft der Natur über die Erhaltung der Spezifität des Lebens wacht.

Drittes Kapitel.

Die physiologische Chemie.

×

Inhalt.

Der Kochsalzgehalt der Wirbeltiere und das biogenetische Grundgesetz. — Die entgegenstehenden Forschungen über den Knorpel und andere hierher gehörende Tatsachen. — Der Aufbau der tierischen Gerüstsubstanzen. — Der Gehalt des Blutes an anorganischen Stoffen: ein scheinbar quantitativer physiologisch-chemischer Beweis der Abstammungslehre. — Diskussion der Tatsachen. Erörterung der spezifischen Fähigkeit der Epithelzellen der Säugetier-Milchdrüsen in bezug auf die regulatorische Umordnung der anorganischen Salze. — Das Hämoglobin in der Tierreihe. — Die Eiweißsubstanzen. — Der Kohlehydrat-Stoffwechsel. — Die sekretive Verdauung. Pankreas. Leber, Galle.

Die Deszendenztheorie ist auf morphologischem Boden erwachsen und hat auf diesem vornehmlich ihre Triumphe gefeiert. Der Einfluß auf die Physiologie, in welcher nicht große spekulative Zusammenhänge, sondern umgekehrt das kleinste, die Zelle, als Erklärungsprinzip eintrat, ist ein weit geringerer gewesen. Bei der großen Fruchtbarkeit, die wir der Abstammungslehre ohne weiteres zuerkennen, ist dies zweifellos ein Nachteil für die Physiologie gewesen. Aber einen vielleicht noch größeren Nachteil bedeutet das Außerachtlassen dieser Beziehung vielleicht für die Deszendenztheorie. Denn gerade in der Physiologie und speziell in der physiologischen Chemie sind die allerstärksten Beweise für die Abstammungslehre vorhanden, die einen an exakte Methoden gewöhnten Forscher befriedigen können. Wenn irgendwo, so hat die Bestreitung der Abstammungslehre hier einen schweren Stand. Freilich kann es für uns nach reiflicher Erwägung aller in Betracht kommenden Tatsachen keinem Zweifel unterliegen, daß auch diese Position zu nehmen ist.

In entscheidender Weise hat Gustav von Bunge die Abstammungslehre zur physiologischen Chemie in Verbindung gesetzt durch eine Untersuchung, welche, soweit ich sehe, durchaus nicht die große Beachtung gefunden hat, die sie verdient. Bunge glaubte sich berechtigt, seine bezüglichen Untersuchungen in den Schlußsatz ausklingen zu lassen:

„Eine genaue vergleichende Analyse wird uns in den Stand setzen, den Grad der Verwandtschaft der Wirbeltiere zu beurteilen und die Ergebnisse der vergleichenden Anatomie zu kontrollieren. Die Entwicklungsgeschichte und die Systematik der Zukunft werden keine rein morphologischen Disziplinen bleiben. Ein endloses Feld der fruchtbringendsten Arbeit liegt hier noch völlig unbeackert vor uns.“

Lassen wir Bunge selbst über seine Untersuchungen sprechen: „Ich bin der Überzeugung, daß der auffallend hohe Kochsalzgehalt der Wirbeltiere und unser Bedürfnis nach einem Kochsalzzusatz zur Nahrung eine befriedigende Erklärung nur finden in der Deszendenzlehre. . . Nach dem Kochsalzgehalt der Umgebung richtet sich der Kochsalzgehalt der Organismen. Das Natron verhält sich in dieser Beziehung anders als das Kali. Das Kali ist ein integrierender, unentbehrlicher Bestandteil jeder pflanzlichen und tierischen Zelle. Jede Zelle hat die Fähigkeit, auch der kaliärmsten Umgebung das nötige Quantum dieser Base zu entnehmen und zu assimilieren. Deshalb sind alle Meeres- und Landpflanzen reich an Kali. Das Natron dagegen scheint keine so wichtige Rolle zu spielen. Viele Pflanzen des Festlandes enthalten nur Spuren von Natron. Natronreich sind bloß die Meerespflanzen und die Pflanzen, welche am Meeresufer und in den eingetrockneten Meeresbecken, den Salzsteppen, wachsen. Diese Regel hat nur wenige scheinbare Ausnahmen. So sind z. B. die Chenopodium- und Atriplexarten kochsalzreich. Aber diese sind Schuttpflanzen, sie gedeihen nur auf kochsalzreichem Boden, haben ihre nächsten Verwandten unter den Bewohnern der Salzsteppen und sind selbst wahrscheinlich von dort aus eingewandert. Von unseren Kulturpflanzen ist natronreich nur die Runkelrübe, gleichfalls eine Chenopodiacee; diese ist ursprünglich am Meeresstrande heimisch. Dasselbe gilt von den wirbellosen Tieren. Auch unter diesen sind nur die

Meeresbewohner und ihre nächsten Verwandten auf dem Festlande kochsalzreich. Die typischen Repräsentanten der Festlandsbewohner, die Insekten, sind sehr arm an Kochsalz. Durch eigene Analysen habe ich mich davon überzeugt, daß sie nicht mehr Natron enthalten als die Pflanze, die sie ernährt. Die Wirbeltiere des Festlandes sind sämtlich auffallend kochsalzreich trotz der kochsalzarmen Umgebung. Aber auch diese Ausnahme von der Regel ist nur eine scheinbare. Wir brauchen uns nur der Tatsache zu erinnern, daß die ersten Wirbeltiere auf unserem Planeten sämtlich Meeresbewohner waren. Ist der hohe Kochsalzgehalt der jetzigen Festlandsbewohner nicht ein Beweis mehr für den genealogischen Zusammenhang, welchen anzunehmen wir durch die morphologischen Tatsachen gezwungen werden? Tatsächlich hat jeder von uns in seiner individuellen Entwicklung ein Stadium durchgemacht, in welchem er noch die Chorda dorsalis und die Kiemenspalten der meerbewohnenden Vorfahren besaß. Warum sollte nicht auch der hohe Kochsalzgehalt unserer Gewebe ein Erbstück aus jener Zeit sein? Wäre diese Auffassung richtig, so müßten wir erwarten, daß die Wirbeltiere in ihrer individuellen Entwicklung um so kochsalzreicher sind, je jünger sie sind. Dieses ist tatsächlich der Fall. Durch zahlreiche Analysen habe ich mich davon überzeugt, daß ein Säugetier-Embryo kochsalzreicher ist als das neugeborene Tier, und daß dieses nach der Geburt immer ärmer an Chlor und Kali wird in dem Maße, als die Entwicklung fortschreitet. Das natronreichste Gewebe unseres Körpers ist der Knorpel. Dies ist zugleich das älteste Gewebe. Es ist histologisch vollkommen identisch mit dem Gewebe, welches in dem Skelett der meerbewohnenden Selachier noch heutzutage während der ganzen Lebenszeit persistiert. Das Skelett des Menschen wird bekanntlich gleichfalls ursprünglich als ein knorpeliges angelegt und schon vor der Geburt zum größten Teile durch

ein knöchernes verdrängt. Teleologisch ist diese Erscheinung nicht zu erklären: sie erklärt sich nur aus der Deszendenzlehre. Man kann nicht etwa annehmen, das knorpelige Stadium müsse durchlaufen werden, damit aus dem Knorpel der Knochen entstehe. Dieses ist tatsächlich nicht der Fall. Das Knochengewebe entsteht nicht aus dem Knorpelgewebe. Der Knorpel wird vollständig resorbiert, und vom Perichondrium aus wächst das Knochengewebe in den Raum hinein, den der Knorpel einnahm. Und nun kommt hinzu, daß das älteste Gewebe, der Knorpel, zugleich auch das natronreichste ist. Das sind Tatsachen, die eine ungezwungene Erklärung nur in der Annahme finden, daß die Wirbeltiere des Festlandes aus dem Meere stammen und noch gegenwärtig im Begriffe sind, sich allmählich der kochsalzarmen Umgebung anzupassen. Diesen Prozeß der Anpassung halten wir künstlich dadurch auf, daß wir zu den Resten greifen, die unser ursprüngliches Element, die Salzflut, auf dem Festland zurückgelassen — zu den Salzlagern.“ Bunge stellt den Kochsalzgehalt der Knorpel des Rinder-Embryos und des Kalbes in verschiedenen Entwicklungsstadien mit dem Kochsalzgehalt des Haifischknorpels in Vergleich. Auf 100 Teile kommen:

	Chlor	Natron
Selachier	6,692	9,126
Rinder-Embryo, 1½ kg schwer	1,457	
„ 5½ „ „	1,415	
„ 30½ „ „	1,151	3,398
Kalb, 14 Tage alt	0,757	3,254
„ 10 Wochen alt	0,686	2,604

Dieser scharfsinnige Beweis, der für mich lange eine große Überzeugungskraft hatte, ist jetzt meines Erachtens in seinen Grundlagen vollständig erschüttert durch die histologischen Forschungen über den Knorpel. Es wird lehrreich

sein, Jaekel darüber zu vernehmen: „Unter den Beispielen für neotenische Vorgänge bei Fischen, wies Boas darauf hin, daß die Erwerbung diskreter Wirbel bei den sogenannten Knochen-Ganoiden wohl nicht primär sein könnte, da schon die Selachier diskrete Wirbel besäßen. So einfach liegt nun dieser Fall allerdings nicht, insofern als wir erst bei mesozoischen Selachiern, also lange nach ihrer phyletischen Absonderung von den Ganoiden, den Nachweis diskreter Wirbel erbringen können. Aber dieses ganze Gebiet ist in der Tat zur Heranziehung solcher Vorgänge sehr geeignet. Es besaßen nämlich die ältesten echten Ganoiden des Devons diskrete Wirbelkörper, verloren sie dann (Knorpel-Ganoiden) und erwarben sie in den beweglichen Knochenfischen wieder. Es ist mir nach 15jährigen Studien in der Stammesgeschichte der Selachier zur Gewißheit geworden, daß dieselben rückgebildete Fische sind, daß die knorpelige Persistenz ihres Innenskelets, die eigentümliche Art ihrer Bezahnung, die seitliche Ausmündung getrennter Kiemenspalten, der Besitz von mehr als fünf Kiemenbögen und viele andere Verhältnisse ihres Baues auf sekundäre Entwicklungshemmung zurückzuführen sind. Dasselbe läßt sich für zwei ihnen nahestehende Formenkreise historisch leichter begründen. Die zu den Ganoiden gehörigen Acanthodier des Devons sind viel höher organisiert als ihre späteren Nachkommen. Sie besitzen unter anderem zahlreiche Deckknochen am Schädel und Schultergürtel, acrodonte Zähne und sogar Andeutungen vertebraler Ossifikationszentren; im Carbon sinkt ihre Organisation schon stark herunter und im Perm erreicht sie schließlich einen solchen Tiefstand, namentlich auch in den angeführten Punkten, daß einige Paläontologen, wie A. Fritsch, O. M. Reis und W. Smith Woodward, sie sogar für echte Selachier ansahen. Von Cyklostomen liegen mir jetzt neben dem devonischen von R. Traquair beschriebenen Palaeospondylus zwei jüngere paläozoische Typen, einer aus

der Gaskohle von Nyrschan und einer aus dem Kupferschiefer von Riechelsdorf in Hessen vor, die deutliche Ossifikationen des Innenskeletts aufweisen. Dabei sind die von Palaeospondylus zusammenhängend wie in echten Knochen, bei der Form von Nyrschan auf eine primatische Inkrustation des Knorpels reduziert, und bei der Form des deutschen Kupferschiefers sind Kalksalze nur noch ganz schwach und anscheinend diffus imprägniert. Daß hier die prismatische Knochen-Inkrustation, die bei Selachiern sehr primitiv erschien, bei Cyklostomen als Etappe der Knochenauflösung erscheint, entzieht uns die Berechtigung, die gleiche Ausbildungsform des Knorpels bei Selachiern als Etappe zunehmender Skelettierung anzusehen. Ich hoffe, daß spätere Untersuchungen den Nachweis erbringen werden, daß der Knorpel überhaupt nur ein ontogenetisches Präformationsmittel des Knochens ist, daß letzterer phylogenetisch als festes Stützgewebe entstand und daß durch seine knorpelige Präformation im Organismus der Raum zum Ansatz von Muskeln und Sehnen, zum Durchlaß von Gefäßen und Nerven für die definitive Verknöcherung reserviert wird. Ich habe dafür schon einige Beweise beigebracht und auch die zitierten Bemerkungen von Boas über die sekundäre Bedeutung der knorpeligen Wirbelanlage bei Ganoiden verraten die gleiche Auffassung. Wenn diese Auffassung aber richtig ist, dann sind diejenigen Fischtypen, die man bis jetzt wenigstens im allgemeinen für die primitivsten Wirbeltiere gehalten hat, wie die Selachier, die Cyklostomen und Amphioxus, rückgebildete Fische. Auch für die Chorda dürften dieselben Gesichtspunkte Berechtigung haben, und z. B. durch ihre ontogenetische Anlage bei den Tunicaten bestätigt werden. Ich glaube es mit meinem Gewissen vereinbaren zu können, wenn ich noch einen Schritt weiter gehe und den ganzen Unterstamm der Fische für rückgebildete Wirbeltiere ansehe, bei deren Entstehung die Be-

quemlichkeit der Bewegung im Wasser, wie später noch so oft für Landtiere, eine verlockende Anziehungskraft ausübte, dann aber auch den normalen Entwicklungsgang hemmte und die Formen namentlich in ihrer Atmung zu Stadien zurückführte, wie wir sie bei den Crustaceen antreffen.“ Daß die von Jaekel zuletzt ausgesprochene Annahme auch andere Forscher durchaus nicht fremdartig anmutet, mag eine Äußerung Kokens beweisen: „Es ist schon mehrfach ausgesprochen, daß die Fische nicht notwendig primitive Formen sein müssen, sondern auch von Küsten bewohnenden Landtieren abstammen können. Ich will nicht behaupten, daß es erwiesen sei, aber mindestens ist diese Annahme ebenso möglich, wie die entgegengesetzte. Die Kluft zwischen ihnen und den Stegocephalen ist durch keinen Fischtypus, auch nicht durch den der Coelacanthinen zu überbrücken. Die Struktur der Flosse bleibt fundamental verschieden von jener der Extremitäten höherer Vertebraten; der Unterschied würde verständlicher, wenn wir annehmen, daß sie in sehr alten Zeiten von Tetrapoden mit Knorpelskelett abzweigten. Die Anforderungen an die Bewegung, welche das Leben im Wasser stellt, arbeiteten die noch einheitlich knorpeligen, durch keine oder wenige Ossifizierungen ausgezeichneten Knorpelstücke des Skeletts in radikaler Weise um. Diejenigen Stegocephalen des Perms, welche ein kiementragendes Stadium durchmachen, sind nur ein kleiner Teil dieser bedeutenden Gruppe; ihre Kiemen sind eine neue Erwerbung, physiologisch und morphologisch etwas anderes als die Fischkiemen. Der angedeutete Entwicklungsgang der Fische würde also nach einer ganz andern Richtung vom Ausgangspunkte führen, als die der Stegocephalen, Reptilien und Säugetiere. Wenn einmal triftigere Gründe hierfür vorliegen, kann das Auftreten sogenannter Kiemen-Taschen im Embryo keinen Gegengrund bilden.“

Als ein weiterer Beweis nach dieser Richtung würde auch eine Untersuchung über die Zusammensetzung des

Schultergürtels, die wir gleichfalls Jaekel zu verdanken haben, in Betracht fallen. Die arcualen Elemente des inneren Schulterbogens sind nur bei den Landtieren gut entwickelt zur Aufnahme des Fußdrucks; bei Wassertieren verringert sich die Leistungskraft der Füße, und die arcualen Elemente bleiben klein und meist knorpelig. Bei allen Tetrapoden kehrt eine bestimmte Ausbildung des Schulterbogens wieder; bei den Fischen konnte Jaekel eine ähnliche Ausbildung nur zum Teil nachweisen; bei den jüngeren Fischgruppen geht sie verloren — deren Schulterbogen nimmt den Zustand eines Viszeralbogens an. Auf die Abstammung der Fische von Landtieren deutet nach Jaekel der Umstand hin, daß die niedrigsten Ganoiden noch eine relativ starke Entfaltung der arcualen Elemente zeigen, während sie bei ihren dem Wasserleben besser angepaßten Nachkommen unter den dermalen Stücken fast obliterieren.

Nach derselben Richtung würde die Tatsache weisen, daß bei Fischen eine Verdickung des Cornea-Randes vorkommt (nach Berger ist bei Crenilabrus pavo der Rand der Hornhaut 4,6 mal so dick wie der Scheitel) — dieselbe Bildung, die Pütter als eine Anpassung des Säugetierauges an das Wasserleben beschrieben hat: „Die Cornea fällt als Teil des dioptrischen Apparates des Auges im Wasser vollständig fort, da ja der Brechungsindex des Wassers fast genau gleich dem der Cornea und des Kammerwassers ist. Dafür wird die Hornhaut aber mechanisch viel stärker in Anspruch genommen infolge des höheren Druckes, der im Wasser herrscht. Um ein Gewölbe, wie es die Cornea darstellt, tragfähiger zu machen, verstärkt man es nicht in seiner ganzen Ausdehnung, sondern man verstärkt die Widerlager und läßt die Gewölbekappe, den Gewölbe-Scheitel dünn. Nach diesem bautechnischen Prinzip sind die Hornhäute aller Wassersäugetiere gebaut, der Rand ist mächtig verdickt, der Scheitel dagegen bleibt dünn. Beim Weißwal ist

die Verdickung relativ am bedeutendsten; hier ist der Rand siebenmal so dick wie der Scheitel. Den Zusammenhang des Auftretens der Randverdickung mit der Fähigkeit, in größere Tiefen zu tauchen, ersieht man am besten aus dem Vergleiche der Elefantenrobbe (Macrorhinus leoninus) und des Walrosses (Odobaenus rosmarus). Erstere hält sich in den oberflächlichsten Meeresschichten auf, letzteres sucht seine Nahrung am Grunde des Littorals. Die Dicke des Randes der Cornea ist beim Walroß relativ zwanzig Mal so groß wie bei der Elefantenrobbe, und ähnlich hohe Werte finden sich bei den Walen."

Wir glauben an dieser Stelle auch daran erinnern zu dürfen, daß die Knorpelfische in der Tat in bezug auf den Bau des Gehirns und der Eingeweide, wie auch hinsichtlich der Fortpflanzung höher stehen als die Knochenfische. In dieser Richtung ist vielleicht auch eine Erklärung für die nicht unbemerkt gebliebene Unabhängigkeit des Cyklostomenblutes vom osmotischen Druck des Meerwassers zu suchen — eine Eigenschaft, welche im allgemeinen den höherstehenden Wirbeltieren zukommt. In diesem Zusammenhang ist auch der von Wiedersheim gemachten und von Mehnert nachgeprüften Befunde zu gedenken, welche dartun, daß zwischen zwei ganz getrennt angelegten und später während des ganzen Lebens getrennt bleibenden Stücken zeitweilig sich eine Knorpelverbindung herausbildet. Mehnert macht auch die wichtige Bemerkung: „Ich bin in der Lage, im Gegensatz zu der allgemein vertretenen Lehre zu zeigen, daß bei einem und demselben Embryo unter phylogenetisch gleichwertigen Skelettelementen (z. B. Phalangen derselben Reihe, Metacarpalien, Carpalien usw.), das eine knöchern, das andere dicht nebenbei liegende ihm homodyname Stück noch durchaus knorpelig sein kann. Derartige Unterschiede können auch noch viel prononcierter auftreten. Zum Beispiel finde ich bei einem 34 mm langen menschlichen Embryo

der Straßburger Sammlung die phylogenetisch uralten Wirbel noch ganz knorpelig, indessen unter den phylogenetisch zweifelsohne bedeutend jüngeren Extremitätenskelettstücken manche bereits mehr oder weniger weit ossifiziert sind.“ Der Kopfknorpel der Cephalopoden entwickelt sich nach den Untersuchungen von Babor metaplastisch aus hochgradig differenziertem, gemischtem, fibrillösem Bindegewebe — und das mag uns zu der Frage überleiten, inwiefern überhaupt die Vorstellung von einem allmählichen Übergange im Aufbau der tierischen Gerüstsubstanzen durch die physiologische Chemie gestützt werde.

Otto von Fürth, dessen vortrefflichem Werke über die vergleichende chemische Physiologie der niederen Tiere wir die bisher sehr vermißte zusammenfassende Einsicht in diese und ähnliche Fragen verdanken, und auf den wir uns hier und in den noch zu erörternden physiologisch-chemischen Problemen dieses Kapitels beziehen wollen, resumiert die einschlägigen Forschungen mit folgenden Worten: „Legen wir uns nun zunächst die Frage vor, ob Kollagen und Knorpelsubstanz (Chondrin) ausschließlich Eigentum des Wirbeltierkreises sind. In der Literatur finden sich einige Angaben, die auf den ersten Blick eine Verneinung dieser Frage zu enthalten scheinen. So teilte Valenciennes mit, der Cephalopodenknorpel scheine nur Spuren von „Chondrin“ zu enthalten, gebe jedoch reichlich „Leim“. Hilger zerkochte die Schalen eines Branchiopoden tagelang mit Wasser unter Druck und erhielt eine Lösung, die er auf Grund ihrer Fällbarkeit mit Essigsäure und Alkohol, sowie ihres Verhaltens gegen Alaun, als „Chondrin“ ansprach; (Schmiedeberg hat in den Tegumenten von Lingula Chitin nachgewiesen). Froriep extrahierte Weinbergschnecken und Muscheln mit heißem Wasser und schloß aus dem Umstande, daß die eingeengten Lösungen gelatinierten und mit Essigsäure einen Niederschlag gaben, aus dem sich durch Säurespaltung ein

Kohlehydrat gewinnen ließ, auf die Gegenwart von Chondrin. Es braucht wohl nicht erst gesagt zu werden, daß er es tatsächlich mit Mucin zu tun hatte. Weiter gab Hoppe-Seyler ohne Mitteilung genauerer Reaktionen an, es sei ihm gelungen, aus dem Fleische von Octopus und Sepia durch Kochen mit Wasser reichliche Mengen „gut gelatinierenden, chondrinfreien Leimes" zu gewinnen. Endlich teilt Krukenberg mit, daß die Kopfknorpel von Cephalopoden bei mehrstündigem Kochen mit Wasser eine „leimartige Masse von ausgezeichneter Klebekraft" gebe. Diese leimgebende Substanz (Tryptokollagen) sei jedoch durch ihre leichte Verdaulichkeit auf das bestimmteste vom Kollagen unterschieden. Ein Blick auf diese dürftigen Notizen lehrt uns, daß bisher in keinem einzigen Falle auch nur der Schein eines wirklichen Beweises dafür erbracht worden ist, daß echtes Kollagen bei irgend einem wirbellosen Tiere vorkomme. Ebensowenig konnte es einstweilen wahrscheinlich gemacht werden, daß zwischen den konsistenteren Stützsubstanzen niederer Organismen und den Knorpeln und Knochen der Wirbeltiere eine nahe Verwandtschaft bestehe. . . Es wäre nun natürlich sehr verlockend, gewissermaßen den (sit venia verbo) Grundplan zu erörtern, der der Verteilung der verschiedenen Kategorien von Gerüstsubstanz auf die einzelnen Tierkreise zu Grunde liegt. Neumeister versucht etwas dergleichen, indem er sagt: „Ein Überblick über die Tierreihe ergibt, daß bei niedrig stehenden Tierformen entweder ein reines Kohlehydrat, wie die Cellulose, oder andererseits veritable Eiweißkörper bezw. resistente Albuminoïde, wie die Skelettine, als Gerüstsubstanzen Verwendung finden. Weiter dienen derselben Funktion bei höheren Formen die esterartigen Verbindungen von eiweißartigen Stoffen mit einem Kohlehydrat, die Hyalogene oder doch statt deren das ihnen nahestehende Chitin. Bei den Cephalopoden ist dann zuerst das Kollagen neben Mucin und Chitin zu finden. Letzteres

verschwindet zwar als solches bei den Wirbeltieren, ist aber doch in der Chondroitinschwefelsäure des echten Knochengewebes enthalten. Die höchste Stufe der Entwicklung der Stützgewebe wird durch die Knochensubstanz repräsentiert. Diese ist nicht einmal allen Wirbeltieren eigen, indem sie den Knorpelfischen und dem Amphioxus fehlt. Eine sehr ähnliche Reihenfolge ergibt sich, wenn man die Stadien der Entwicklung eines Embryo verfolgt. Zuerst findet sich das aus Mucin bestehende, aber des Kollagens entbehrende schleimige Bindegewebe, welches weiterhin teilweise in Knorpelsubstanz übergeht, während sich dieses endlich bis auf die genannten Knorpelgebilde in Knochensubstanz umwandelt." So ansprechend nun zweifellos die Vorstellung wäre, daß im Aufbau der tierischen Gerüstsubstanzen ein allmählicher Übergang von reinen Kohlehydraten über zuckerreiche stickstoffhaltige Verbindungen zu den echten Eiweißkörpern verfolgt werden könne, sobald man von den niedersten zu den höchst organisierten Tierformen aufsteigt, und so sehr uns die Erkenntnis befriedigen müßte, daß dieser Übergang gewissermaßen ein Abbild in jenen Veränderungen findet, die sich während der Entwicklung des Wirbeltierembryos vollziehen, so muß doch betont werden, daß eine nüchterne Betrachtung des vorliegenden Tatsachenmaterials keineswegs zu einer Bestätigung dieses vermeintlichen biologischen Gesetzes führt. Gehen wir die einzelnen Tierkreise, von den Protozoen aufsteigend, in diesem Sinne und etwa in jener Reihenfolge durch, wie sie z. B. Claus in seinem bekannten Lehrbuche aufgestellt hat, so ergibt sich folgender Überblick:

Spongien:	Albuminoïde (Spongin).
Cölenteraten:	Albuminoïde (Corneïn u. dgl.).
Echinodermen:	Albuminoïde.
Würmer:	Kohlehydratartige, stickstoffhaltige Verbin-

	dungen (z. B. Onuphin, Spirographin, Echinokokkenhyalin) neben Albuminoïden.
Arthropoden:	Kohlehydratartige, stickstoffhaltige Verbindungen (Chitin).
Mollusken:	Albuminoïde (Conchiolin), daneben ausnahmsweise auch Chitin.
Bryozoën:	Chitin.
Brachiopoden:	Chitin.
Tunicaten:	Stickstofffreie Kohlehydrate (Cellulose).
Wirbeltiere:	Albuminoïde (Kollagen), daneben namentlich auf niederer Entwicklungsstufe kohlehydratartige, stickstoffhaltige Verbindungen (Chondroitinschwefelsäure).

Bei naiver Betrachtung dieser Tabelle wird man wohl eingestehen müssen, daß die vorliegenden tatsächlichen Beobachtungen auf diesem Gebiete in ihrer gegenwärtigen Unvollkommenheit eine Ableitung der diesen Erscheinungen zu Grunde liegenden biologischen Gesetze einstweilen nicht zulassen“.

Mit dem Aufgeben des Gedankens, daß der Knorpel das phylogenetisch älteste Gewebe sei, verliert der deszendenztheoretische Beweis Bunges seine Grundlage.

Es gibt aber noch einen viel stärkeren physiologisch-chemischen quantitativen Beweis, der sich auf den Kochsalzgehalt des Blutes bezieht und gleichsam eine Linie darstellt von dem Blute der Säugetiere bis zur Periviszeralflüssigkeit der Echinodermen. Als mir diese Linie durch das Studium der physiologisch-chemischen Literatur zum Bewußtsein kam, da hielt ich diese Entdeckung für die Deszendenztheorie schlechthin beweisend. Die Anordnung der anorganischen Stoffe im Säugetierblute ist keine spezifische, welche das Säugetier als solches kennzeichnet. Der Gehalt der Blutasche an Natrium, Chlor, Phosphor, Eisen, Kalium, Calcium-

und Magnesium stellt sich bei den Echinodermen, Würmern, Mollusken, Insekten und Säugetieren in Prozenten folgendermaßen dar:

	Mittel einiger Echinodermen	Sabella	Pinna squamosa	Mittel einiger Lepidopteren u. Coleopteren	Hund
Na_2O	44,0	45,2	44,0	43,7	45,6
Cl	40,0	39,3	37,9	42,2	35,6
P_2O_5	4,4	4,6	4,8	3,4	13,3
Fe_2O_3	3,4	0,2	—	0,1	9,4
K_2O	4,7	4,0	4,9	4,1	3,1
CaO	Spuren	3,4	3,7	2,2	0,9
MgO	1,2	1,2	1,8	1,1	0,4

Es ist also offenbar, daß außer der Variation in bezug auf den Phosphor- und Eisengehalt dem Säugetiere eine von der der niederen Tiere nicht spezifisch verschiedene Blutzusammensetzung eigen ist. Worauf beruht nun diese aufs höchste überraschende Tatsache? Drei Möglichkeiten sind vorhanden: Entweder das konstante Verhältnis der anorganischen Stoffe in der Blutzusammensetzung ist nicht so sehr ein den untersuchten Tiergruppen gemeinsames Merkmal, wie vielmehr eine unabänderliche Eigentümlichkeit des Blutes, eine Homologie. Oder die Gleichartigkeit des Blutes weist auf den Einfluß eines bestimmten gemeinsamen „äußeren Mediums" zurück, auf eine Analogie. Oder endlich, die Blutzusammensetzung ist von niederen Tieren auf die Säugetiere vererbt.

Die erste Möglichkeit kann ausgeschieden werden. Denn die Zusammensetzung der Blutasche variiert nach den Bedingungen, unter denen ein Tier gelebt hat. Nach den Untersuchungen Frédéricqs ist es unzweifelhaft, daß der Salzgehalt des Crustaceenblutes demjenigen des umgebenden Mediums folgt. Versuche von Botazzi und Quinton haben bestätigt, daß ein osmotischer Austausch zwischen Blut und

umgebendem Medium stattfindet, und daß der Kochsalzgehalt des Blutes aller niederen Seetiere demjenigen des Meerwassers nahezu gleich ist. Damit scheint die zweite Möglichkeit in den Vordergrund gerückt und mit ihr die Annahme, daß das in bezug auf den Kochsalzgehalt mit dem Blute der niederen Tiere ganz übereinstimmende Säugetierblut in sich den Beweis trage, daß die Vorfahren der Säugetiere Meeresbewohner waren. Es entsteht aber jetzt die Frage, ob zwischen jenen Vorfahren und den Säugetieren die Kluft sonstiger typischer Unterscheidungen liegt, ob also die Abstammungslehre zu recht besteht und der Kochsalzgehalt ererbt ist, oder ob bereits die Vorfahren, die den Kochsalzgehalt des Blutes unter dem Einflusse des Meeres erwarben, Säugetiere waren, und es sich somit bei dieser Übereinstimmung mit den niederen Tieren um eine Konvergenzerscheinung handelt. Und da scheint die Erfahrung zunächst allerdings im Sinne der Abstammungslehre zu sprechen, da in der Regel die Gefäßwände der höheren Wirbeltiere zwar für Gase, jedoch nicht für Wasser und Salze durchgängig sind, und auch die Kiemenmembranen der Knorpelfische Salzen den Durchtritt verwehren. Danach müßte angenommen werden, daß die Vorfahren der Säugetiere keine höheren Wirbeltiere waren. Jedoch ist die Frage der Durchlässigkeit nicht mit hinreichender Sicherheit entschieden, und es ist namentlich nicht ausgeschlossen, daß durch sehr lange Zeiträume auch Wirbeltiere, vornehmlich in ihren Jugendzuständen, in Abhängigkeit von dem Kochsalzgehalt des Meeres treten mußten.

Die Tatsachen würden also drei Erklärungsweisen offen lassen. Entweder ist die Säugetiergruppe durch ein historisches Stadium hindurchgegangen, in dem sie sich dem Wasser und speziell dem Meeresleben angepaßt hatte; oder sie ist überhaupt erst im Meere entstanden und nachher ans Land gekommen; oder aber endlich, sie stammt von

niedriger organisierten Meeresbewohnern ab. Ein außerordentlich hohes Alter der Wirbeltiere. das durch die erste und zweite Annahme postuliert werden müßte, ist nach dem, was wir über die phylogenetische Bedeutung des Knorpels erfahren haben, nicht unannehmbar; denn wenn die ältesten Ganoiden des Devons bereits Wirbel besaßen, und die Knorpelbildung eine regressive Erscheinung ist, so würde nach den heute herrschenden Anschauungen die Entstehungszeit der Wirbeltiere ganz bedeutend weit in die Urzeit hinausgerückt werden. Schließlich sagt auch Koken: „Die drei niedrigsten Vertreter der Wirbeltiere sind nackt, haben weder eine Haut noch ein verfestigtes Innenskelett, daß es sich fossil erhalten könnte. und angesichts der neuerdings bekannt gewordenen Tatsache, daß schon im Untersilur von Petersburg Fischreste vorkommen, können wir den Satz aussprechen: Schon in den ältesten Zeiten, aus denen wir Urkunden in Gestalt von Fossilien besitzen, waren sämtliche großen Kreise der Tierwelt vertreten und zum Teil in mehrere Gruppen gespalten.“ Da auch der Salzgehalt des Meeres sich, wie angenommen wird, seit der kambrischen Zeit nicht geändert hat, so würde der dem Kochsalzgehalt des Meeres entsprechende Chlornatriumgehalt des Wirbeltierbluts als eine innerhalb des Typus vererbte Beharrung (die in Beziehung auf die niedrigeren Typen eine analoge Konvergenz wäre) nicht unbegreiflich sein. Dagegen müssen wir eine Beharrung durch eine so unendliche Wandlung, wie die Abstammungslehre sie voraussetzt, für kaum denkbar halten; wir werden im Kapitel über die Entwicklungsgeschichte eine Tatsache kennen lernen, welche beweist, daß die Spezifität sich in einem gewissen Sinne gerade physiologisch-chemisch sehr stark ausprägt.

Ich glaube ferner die Entdeckung gemacht zu haben, daß eine spezifische Eigenschaft der Säugetiere darauf hinweist, daß die Säugetiere zu irgend einer Zeit Meeres-

bewohner waren und sich dem Meeresleben angepaßt hatten. Ich meine die spezifische Fähigkeit der Epithelzellen der Milchdrüsen, aus dem Blute die anorganischen Stoffe in einer ganz bestimmten Zusammensetzung zu gewinnen. Die Funktion der Epithelzellen besteht in einer Regulation des durch die Meereswirkung veränderten Blutes. In der Asche der Hundemilch sind vorhanden:

Na_2O	6,1 %	ferner	K_2O	10,7 %
Cl	12,4 „		MgO	1,5 „
CaO	34,4 „		Fe_2O_3	0,1 „
			P_2O_5	37,5 „

Das heißt: Die Milch bietet ein chemisches Präparat, in dem der Kochsalzgehalt hinter den Kalkgehalt zurücktritt, der der tierischen Entwicklung unbedingt nötig ist und im Meere außerordentlich spärlich auftritt. Ferner wird dem jungen Säugetiere in der Milch eine größere Kalimenge geboten, an dem das Meer gleichfalls Mangel leidet. Der Phosphor ist für die Wirbeltierentwicklung notwendig, da Calciumphosphat den Hauptbestandteil des tierischen Knochengerüstes bildet.

Nun könnte aber gerade die letzterwähnte Entdeckung die dritte Erklärungsmöglichkeit, daß die Säugetiere von niedrigeren Meerestieren abstammen, bedeutend fördern. Man könnte annehmen, die Regulation, welche in der Funktion der Epithelzellen der Milchdrüsen in großer Vollkommenheit auftritt, habe sich von Stufe zu Stufe im Meere entwickelt, deute eine Tierreihe an, die bereits tief unter der Säugetiergruppe einsetzt. Ich selbst habe mich lange mit diesem Gedanken getragen und geglaubt, die ganz außerordentliche finale Leistung der Epithelzellen der Milchdrüsen mechanisch im Sinne der Darwinschen Lehre erklären zu können. Meine Vorstellung war folgende. Ich ging davon

aus, daß der Kochsalzgehalt des Meeres sich in der Zeit geändert hat; ich verstieg mich zwar nicht zu der Annahme von Joly und andren, daß alles Wasser ursprünglich Süßwasser gewesen sei, folgte aber der Meinung, daß das Meer in der Urzeit einen geringeren Salzreichtum hatte als heute. (Wie der Versuch lehrt, ist die Anwesenheit von Natrium für die tierische Entwicklung auch notwendig, während Chlor vielleicht entbehrt werden kann.) Eine Zunahme des Kochsalzgehaltes bedeutet physikalisch eine Änderung des osmotischen Druckes. Diese Form des Kampfes ums Dasein könnte selektiv in das marine Tierreich eingegriffen haben. Wir wissen, daß manche Tiere gegen Änderung des osmotischen Druckes ganz außerordentlich empfindlich sind, während andre sich erstaunlich anzupassen vermögen. Chemisch bedeutet die Ausbildung der marinen Natur die Verarmung an kohlensaurem Kalk, der im Flußwasser Hauptbestandteil ist, und einen Mangel an Kali. Vollzog sich der Vorgang stetig und sehr langsam, so konnte er die ausgewachsenen Individuen nicht selektiv treffen, mußte aber für den jungen und jüngsten Nachwuchs trotz Langsamkeit und Stetigkeit verhängnisvoll werden. Eine in der Periode der Druckänderung erzeugte Generation besitzt, wie Plateau an Asellus aquaticus (Süßwasser-Assel) wahrgenommen hat, eine gesteigerte Anpassung an den osmotischen Druck; jedoch die chemischen Bedingungen der ersten und allerersten Entwicklung sind unersetzlich. Nach Ponchet und Chabry genügt bereits die Herabminderung des normalen Calciumgehalts des Seewassers um $^1/_{10}$, um die Entwicklung von Echinidenlarven zu stören. Die Abwesenheit von Calcium wirkt, wie Herbst meint, auf den Verband der Furchungszellen auflockernd ein. Herbsts Versuche, das Calcium durch Magnesium, Baryum oder Strontium zu ersetzen, waren erfolglos. Nicht anders war es mit dem Mangel an Kalium. Wohl kann es bis zu einem gewissen Grade durch Rubidium

und Caesium ersetzt werden, doch bleibt das Kalkgerüst rudimentär. Ein Zusatz von 0.33 g Kalium-Chlorid zu 100 ccm Seewasser wirkt auf Tubularien bereits schädlich. Der Wert der chemischen Entwicklungsbedingungen bewegt sich mithin in minimalen Grenzen. — Die die Nachkommenschaft rettende Anpassung mußte in Anbetracht der Unersetzlichkeit der chemischen Bedingungen ganz eigener Art sein. Es schien mir lehrreich, an unserem Einzelfalle die merkwürdigen Reaktionen im Kampf ums Dasein, wie sie hier sich teilweise rekonstruieren lassen, kennen zu lernen. Ein Teil der marinen Faunen konnte die Anpassung derart vollziehen, daß er die Brut rechtzeitig in prävariationelle Verhältnisse versetzte, wie der Lachs es tut, wenn er, um zu laichen, sich ins süße Wasser begibt. Der Salzgehalt des Meeres müßte, wie der Versuch gezeigt hat, auf Lachs-Embryonen tödlich wirken; $^1/_4$—$^1/_2$ Ozean könnten sie allenfalls ertragen. Ein andrer Teil mochte während der Laichzeit im Meer geblieben sein und an bestimmten Orten innerhalb des Meeres günstige chemische Bedingungen gesucht und gefunden haben. Ich habe die merkwürdigen Meereswanderungen der laichenden Fische eingehend studiert. Es ist nicht ganz leicht, hier einen einheitlichen Gesichtspunkt zu finden. Unverkennbar werden die Laichzüge teilweise durch die Erzielung einer lebhaften Sauerstoffzufuhr dirigiert. Für weitaus die meisten laichenden Fische aber trifft es zu, daß sie entweder der Küste sich nähern und ihre Eier zwischen Pflanzen ablegen oder in die Tiefe auf den felsigen Grund hinabtauchen: kali- und kalkreiche Orte aufsuchen. Besonders beachtenswert schien mir zu sein, daß einige Fische, so der in der Nordsee lebende Ansauger (Lepadogaster bimaculatus) ihre Eier ins Innere von Muscheln ablegen: in dem Blute von Muscheln sind Kalkverbindungen nachgewiesen. Ein dritter Teil mochte den Vorzug haben, die chemischen Bedingungen in nächster Nähe zu entdecken —

an sich selbst (Weibchen oder Männchen). Dann wurden wohl die Eier auf das Tier selbst abgelegt. Darwin führt als Beispiel das Seepferdchen (Hippocampus) an, welches die Eier in einer Tasche ausbrütet und darin die Jungen eine Zeitlang aufzieht. In der Tat legt bei den Seenadeln (Syngnathus acus) das Weibchen die Eier auf den Bauch des Männchens, woselbst sich durch Wucherung der Oberhaut eine Tasche bildet. Zu erwähnen wäre noch der Seehase (Cyclopterus lumpus), von dem Fischer erzählen, daß das Männchen die Eier bedecke und in dieser Lage verweile, bis die Brut ausschlüpft; dann heften sich die Jungen an den Seiten und auf dem Rücken des Männchens fest. Unter Mitwirkung des Männchens, aber auf dem Rücken des Weibchens bilden sich die Eier bezw. die Jungen des einzigen Vertreters der zungenlosen Froschlurche, der surinamischen Wabenkröte (Pipa dorsigera) aus. Die Rückenhaut des Weibchens, wohin das Männchen die vom Weibchen abgelegten Eier bringt, beginnt zu wuchern und umschließt die Jungen mit schützenden Zellen. Ähnliche Schutzvorrichtungen geben die sich entwickelnden Eier ganz dem Einflusse der günstigen chemisch-differenten Orte am mütterlichen oder väterlichen Leib anheim — sagte ich mir; es habe aber auch wohl sicher begünstigte niedere Tiere gegeben, die dem physikalisch-chemischen Einflusse des marinen Mediums nicht ganz unterlagen und darum ihre Nachkommenschaft begünstigen konnten. Marcet berichtet von einer Ascariden-Art (Ascaris megalocephala), deren Körperflüssigkeit nur sehr wenig Kochsalz aufweist. Die Entstehung der Milchdrüsen, überlegte ich weiter, hängt wohl mit dem Zeugungsgeschäft zusammen. Nur wo die „Begattung", das Zusammenwirken von Männchen und Weibchen in irgend einer Form, Gepflogenheit war, konnte das zufällige Ablegen der Eier auf den Leib des andern sich durch Selektion als Instinkt befestigen. Gleichzeitig mußte der Gattentrieb sich

steigern. Gatteninstinkte irgend welcher Art lassen sich bei einigen Fischen nachweisen. Die weibliche Bartgrundel (auch Schmerle, Schmerling genannt) legt die Eier in ein vom Männchen gegrabenes Sandloch. Das Männchen bewacht das Nest bis zum Ausschlüpfen der Jungen. Der als Paradiesfisch bekannte Großflosser (Macropus) bezeugt dem Weibchen seine Liebe in innigen Berührungen, baut den Jungen ein schützendes Schaumnest und behütet sie mit größter Sorge. Immerhin wäre der Nutzen einer solchen Eierablage unwahrscheinlich, wenn die günstigen Hautstellen gar zu sehr lokalisiert wären. Wir wissen jedoch aus der Ontogenie und der vergleichenden Anatomie, daß die einzelnen Milchdrüsenanlagen sich aus einer Milchlinie sondern, und daß man bei den Monotremen einzelne kleine Drüsen auf einer vertieften Hautstrecke findet. Bei den Monotremen ist auch noch die Mammartasche in Funktion; später verkleinert sie sich und läßt die Zitze hervortreten. Wenn diese Betrachtung richtig ist, folgerte ich, so würde die physiologische Funktion der Milchdrüsen zu dem Ende gezüchtet worden sein, daß sie als Regulation den prävariationellen Zustand ersetzt, mithin ein chemisches Präparat darbietet, in dem der Kochsalzgehalt hinter den Kalkgehalt zurücktritt. Und, wie man sieht, stimmen die Tatsachen mit dieser Konsequenz überein. Nun glaubte ich auch erklären zu können, weshalb die Gesamtasche des Säuglings in der Zusammensetzung mit der Milchasche fast genau übereinstimmt. Der Embryo ist intrauterin ernährt worden, und da mir die Zurückbehaltung der Frucht im mütterlichen Leibe nur eine durch Selektion verbesserte Fortsetzung des untersuchten Entwicklungsganges schien, so hielt ich es für einleuchtend, daß die extrauterine Ernährung durch die Muttermilch nur eine Fortsetzung der placentaren sei. Selbst wenn man mit Bunge, der, beiläufig bemerkt, an die intrauterine Ernährung, der der Säugling das plastische Material verdankt,

nicht zu denken scheint, die Beziehung so auffaßt, als ob die Muttermilch auf die chemische Zusammensetzung des Säuglings final abgestimmt sei, wird man die wesentliche Gleichheit der Stoffe der letzten intrauterinen und der ersten extrauterinen Ernährung, wie auch ihre Zusammensetzung, für ein — sei es teleologisches — Postulat halten müssen.

Gegen die Anschauung der Dinge, die, wie gesagt, mich lange beherrscht hat, habe ich jedoch folgenden Erwägungen Raum geben müssen. Der Vorgang der Kochsalzzunahme war in vorkambrischer Zeit vollendet; jedenfalls ist er, wie bemerkt, seither nicht wesentlich vorgeschritten. Zu einer Weiterzüchtung der Regulation fehlte somit seit jener Zeit der Anlaß. Man müßte demnach annehmen, daß die Säugetiere samt der ihnen eigenen Regulation bis in das Vorkambrium hinabreichen — eine Vorstellung, die für die Deszendenzlehre eine große prinzipielle Gefahr in sich birgt. Wenn aber, zu welcher Zeit immer es auch sei, die Vorfahren der heutigen Säugetiere mit der ihnen eigentümlichen Regulation auf das Land kamen, so müßten doch angenäherte Übergangsformen, und zwar in diesem Falle physiologische, nachzuweisen sein, damit wissenschaftlichen Grundsätzen entsprechend meine ganze Vorstellungsreihe eine Basis erhielte. Von physiologischen Übergängen aber kann gar keine Rede sein. Was Darwin in dieser Beziehung angeführt hat und ich ergänzt habe, genügt auch nicht den allerbescheidensten Anforderungen. Wenn ich an Hippocampus denke, an das seltsame Geschöpf, das im Gezweig der Tange herumklettert und sein langes Hinterende gleich manchen Säugetieren als Greifschwanz benutzt, so will es mir scheinen, als wäre dieses Beispiel eher geeignet, den vorhin behandelten Gedanken der Rückbildung der Fische zu illustrieren, als eine wirkliche phylogenetische Vorstufe der Säugetiere. Mit Anspruch auf Wissenschaftlichkeit läßt sich also nur dies behaupten, daß die Säugetiere zu irgend

einer Zeit eine marine Lebensepoche durchgemacht haben und daß sie eine spezifische Einrichtung besitzen, welche sowohl allen Anforderungen der Wirbeltiernatur gerecht wird, als auch ihnen ermöglicht hat, im marinen Medium sich fortzupflanzen. Ich schließe diese Erörterung mit dem Hinweise, daß in der Ontogenie der Milchdrüsenapparat sich sehr früh anlegt, weit früher, als die Schweißdrüsen oder Talgdrüsen, die als mögliche Ausgangsformen für die Milchdrüsen angesehen werden. Somit führt gerade die deszendenztheoretische Methode (der wir uns im übrigen nicht anschließen, von der wir aber meinen, daß die Abstammungstheoretiker ihre Konsequenzen ertragen müssen) dazu, die Wahrscheinlichkeit, daß der Milchdrüsenapparat sich in der angedeuteten oder in irgend einer andern Weise aus den Drüsen niederer Tiere entwickelt habe, zu verringern.

Die Entscheidung der erörterten Frage hängt in einem gewissen Sinne mit der generellen Entscheidung darüber zusammen, ob sich die physiologische Chemie für die Herstellung stammesgeschichtlicher Zusammenhänge auch in andrer Hinsicht geeignet erweist. Ich glaube, die eingangs erwähnte günstige Prognose Bunges wird noch bedeutend herabgestimmt werden müssen.

In bezug auf das Haemoglobin finden wir bei Fürth: „Preyer hat den Satz aufgestellt, daß sich Haemoglobin bei allen Wirbeltieren finde. Diese Regel ist nicht ohne Ausnahme. Das Haemoglobin scheint einerseits bei Amphioxus, andrerseits bei den Leptocephaliden ganz zu fehlen . . . . Ray Lankaster hat angenommen, daß bei den niedersten Tierklassen (Protozoen, Coelenteraten, Echinodermen) das Haemoglobin ganz fehle. Später wurde aber bei einigen Echinodermen Haemoglobin entdeckt, und zwar im Wassergefäßsystem eines Schlangensternes und in der Periviszeralflüssigkeit einer Seewalze. In beiden Fällen fand sich der Farbstoff an zellige Elemente gebunden. Eine große Rolle

spielt das Haemoglobin bei den Würmern. Es wurde im Blute zahlreicher Chätopoden, bei einigen Gephyreen, Nemertinen und Hirudineen angetroffen. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle findet es sich im Plasma gelöst. Bei einigen Würmern (Glycera, Capitella, Phoronis, Drepanophorus u. a.) wurde es dagegen in Verbindung mit zelligen Elementen beobachtet. Es hat sich, wie oben auseinandergesetzt worden ist, bisher kein Gesichtspunkt ergeben, von dem aus eine Erklärung für die unregelmäßige Verbreitung dieses Blutfarbstoffes im Tierkreise der Würmer versucht werden könnte. Im Gegensatz zu den Würmern tritt das Haemoglobin bei den Mollusken ganz in den Hintergrund. Es wurde nur im Blute einiger weniger Arten aufgefunden: bei einer Lungenschnecke (Planorbis corneus) sowie bei einigen Muscheln (Arca tetragona, Solen legumen u. a.) und zwar bei der ersteren in Plasma gelöst, dagegen bei den letzteren an zellige Elemente gebunden. Sehr verbreitet findet sich wiederum das Haemoglobin bei den Crustaceen. Während es bei den höher organisierten Repräsentanten dieser Klasse vermißt wird, begegnet man ihm häufig bei niederen Crustaceen; so wurde es im Blute gewisser Branchiopoden, Ostracoden und Copepoden angetroffen, und zwar in allen diesen Fällen im Plasma gelöst, nicht aber an Zellen gebunden. Bei den Insekten ist die Verbreitung des Haemoglobins eine so beschränkte, daß es bisher, so weit bekannt, nur im Blute zweier Vertreter dieser Klasse beschrieben worden ist, nämlich im Blutplasma der Larven von Cheironomus und Musca domestica. Über das Auftreten des Haemoglobins bei Tunicaten scheinen keine Angaben vorzuliegen. Es herrscht dem Gesagten zufolge scheinbar ein so hoher Grad von Willkür in bezug auf Verbreitung und Lokalisation des Haemoglobins in der Tierreihe, daß in Anbetracht des gegenwärtig noch allzu geringen Einblicks in die physiologisch-chemischen Lebensbedingungen wirbelloser

Tiere eine Deutung der hier ausschlaggebenden biologischen Faktoren kaum ernstlich versucht werden kann."

Auf die Frage, ob und inwieweit man berechtigt sei, im Blutplasma der Wirbellosen die Gegenwart derselben oder analoger Eiweißsubstanzen, wie sie im Blutplasma der Wirbeltiere vorkommen, anzunehmen, antwortet Fürth: „Diese Frage läßt sich nur bezüglich des Fibrinogens mit einiger Sicherheit beantworten, da der augenfällige Vorgang der Umwandlung desselben in ein Fibrin-Gerinnsel von vornherein geeignet war, die Aufmerksamkeit auf die Gegenwart dieses Eiweißkörpers zu lenken. Man wird schwerlich fehlgehen, wenn man die Existenz einer fibrinogenartigen Substanz bei allen Tieren annimmt, bei denen von Blut in des Wortes engerer Bedeutung, das heißt von einer innerhalb eines Gefäßsystems zirkulierenden Flüssigkeit, die Rede sein kann. Der Versuch, die Gerinnungsvorgänge bei niederen Tieren durch Bildung von „Plasmodien" ohne Zutun von Fibrin zu erklären, könnte, wie wir gesehen haben, einer schärferen Kritik nicht stand halten. Eine andre Frage, deren Lösung aber noch aussteht, ist die, ob das Fibrinogen der Wirbellosen identisch sei mit dem Fibrinogen der Wirbeltiere. Die wenigen in dieser Richtung vorliegenden (auf das Crustaceenblut bezüglichen) Angaben sprechen gegen eine Identität der Fibrinogene verschiedener Provenienz."

Der Kohlehydrat-Stoffwechsel niederer Lebewesen zeigt allerdings weitgehende Analogien mit demjenigen der höchstorganisierten Tiere. Hier wie dort werden Kohlehydratreserven in Form von Glykogen oder einer diesem nahe verwandten Substanz deponiert. Jedoch ein Näheres über die Art, wie sich diese Vorgänge vollziehen, ist nicht bekannt. Die Ernährungsvorgänge der Wirbeltiere lassen sich mit denjenigen der Wirbellosen durchaus nicht vergleichen. „Erst bei höher organisierten Tier-Typen," sagt Fürth, „begegnen wir jenen Formen sekretiver Verdauung, die einen

Vergleich mit den Ernährungsprozessen der Wirbeltiere gestatten . . . Wirft man einen Blick auf die Gesamtheit jener drüsigen Gebilde, die im Bereiche der niederen Reihen mit dem Schlagwort „Speicheldrüsen" zusammengefaßt werden, so wird es ohne weiteres klar, daß es sich um morphologisch und physiologisch durchaus heterogene Organe handelt, denen nur ihre anatomische Lage, das heißt die Einmündung ihrer Einführungsgänge in den vorderen Abschnitt des Verdauungstraktes bis zu einem gewissen Grade gemeinsam ist . . . Ältere Untersucher waren vielfach geneigt, überall dort, wo das Lackmuspapier auf dem vorderen Anteile des Darmrohrs eines niederen Tieres sauere Reaktionen anzeigte, ohne weiteres anzunehmen, daß eine physiologische Analogie mit dem salzsäurehaltigen Magensafte der Wirbeltiere vorliege. Es muß aber ausdrücklich hervorgehoben werden, daß, wenn man von dem freie Mineral- und organische Säuren enthaltenden Speichel gewisser Gastropoden absieht, tatsächlich bis jetzt in keinem nativen Verdauungssekrete eines wirbellosen Tieres die Gegenwart freier Säure in exakter Weise nachgewiesen worden ist. In einigen Fällen, wo genauer auf diesen Punkt geachtet wurde, ergab sich mit Bestimmtheit, daß die saure Reaktion nur durch die Gegenwart saurer Salze verursacht ist, und daß die Eiweißverdauung dementsprechend eher den Charakter einer tryptischen, als einer peptischen trägt . . . Sucht man nun bei Betrachtung der ernährungsphysiologischen Verhältnisse niederer Tiere eine Analogie mit denjenigen der Wirbeltiere, so drängt sich zunächst die Wahrnehmung auf, daß die meisten Wirbellosen, soweit sie nicht auf den niedrigsten Organisationsstufen stehen, allerdings Organe besitzen, die dem Pankreas in gewisser Hinsicht an die Seite gestellt werden können. Die Grundform des Verdauungstraktes innerhalb der ganzen Tierreihe ist die eines einfachen Rohres. Diese Grundform erscheint aber dadurch modifiziert

und kompliziert, daß die obere Fläche des Darmrohrs durch Bildung von blindsackartigen Ausstülpungen vergrößert wird. So entsteht denn eine ungeheuere Mannigfaltigkeit der Formen: die Ausstülpungen erscheinen lang oder kurz, einfach oder verzweigt, in großer oder kleiner Zahl, bald isoliert, bald aber zu mächtigen drüsigen Gebilden angehäuft. In letzterem Falle handelt es sich um Organe, die, einem alten Sprachgebrauch folgend, vielfach mit dem Namen „Leber“ bezeichnet werden tatsächlich aber mit der Wirbeltierleber weder morphologisch, noch aber physiologisch verglichen werden können. Eher können sie, wie dies auch vielfach geschieht, dem Pankreas an die Seite gestellt werden, insofern ihnen die Produktion der wichtigsten Verdauungsfermente zukommt. Wenn sich aber ältere Untersucher damit zufrieden gaben, die großen Mitteldarmdrüsen der Mollusken, Crustaceen etc. kurzweg als Pankreas zu bezeichnen, so haben doch neuere Forschungen gelehrt, daß zwischen der Funktion dieser Organe und derjenigen des Wirbeltierpankreas fundamentale physiologische Unterschiede bestehen. Die Drüsenschläuche des letzteren bereiten zwar die verdauenden Enzyme, beteiligen sich aber in keiner Weise an der aktiven Resorption der Verdauungsprodukte. Dem „Pankreas“ vieler niederer Tiere ist auch die wichtige Funktion übertragen, die durch die Verdauungsfermente in eine assimilierbare Form übergeführten Nahrungsbestandteile aufzunehmen, eine Funktion, die bekanntlich bei den Wirbeltieren ausschließlich dem Darm zukommt . . . Bereits jene Physiologen, die im Beginne des vorigen Jahrhunderts die ersten Exkursionen auf das Gebiet der vergleichenden chemischen Physiologie unternommen haben, beschäftigten sich mit der Frage, ob die großen Verdauungsdrüsen niederer Tiere die für die Wirbeltiergalle charakteristischen Substanzen produzieren, und diese Frage taucht seitdem immer und immer wieder in der Literatur auf. Es kann aber nicht

zweifelhaft sein, daß es niemals wirklich gelungen ist, bei einem wirbellosen Tiere eine Gallensäure nachzuweisen. Es ist also keinesfalls eine glücklich gewählte Bezeichnung, wenn man die Verdauungsdrüsen niederer Tiere als „Lebern“ bezeichnet und wenn man dies, wie es seit altersher üblich und der bequemen Ausdrucksweise wegen auch im Vorstehenden vielfach geschehen ist, dennoch tut, so muß man sich eben darüber klar sein, daß die Gleichheit der Namen hier keine Gleichheit der Begriffe zur Voraussetzung hat.“

Über den gescheiterten Versuch, die Verteilung der verschiedenen Kategorien von Gerüstsubstanzen auf die einzelnen Tierkreise stammesgeschichtlich zu begründen, haben wir bereits berichtet. Die physiologische Chemie bietet der objektiven Betrachtung, wie wir nach besonnener Erwägung aller Tatsachen schließen müssen, keinen Grund für die Abstammungslehre, wohl aber Bedenken gegen dieselbe.

Viertes Kapitel.

Die Paläontologie.

Inhalt.

Darwin über die Konvergenz der Sippen. — Berichtigung durch die neuere Paläontologie: „Iterative Artbildung". Der Vola-Typus. — Die Auflösung vermeintlich genetischer Reihen. — Die Bedeutung der Unauffindbarkeit von Formen. — Die Tragweite der Konvergenz. — Die Variabilität.

Von Watson direkt vor die Frage der Konvergenz unterschiedlicher, wenn auch verwandter. Sippen gestellt, äußert sich Darwin: „Herr H. C. Watson meint, ich hätte die Wichtigkeit der Divergenz der Charaktere (die er jedoch offenbar annimmt) überschätzt, und meint auch, daß die sogenannte Konvergenz gleichfalls eine Rolle dabei spiele. Wenn von zwei Arten, die zu unterschiedlichen, wenn auch verwandten, Sippen gehören, jede eine große Anzahl neuer und divergierender Formen hervorgebracht hat, so ist es begreiflich, daß diese einander nahe genug kommen werden, um in derselben Sippe eingereiht zu werden; und damit werden die Abkömmlinge zweier unterschiedlicher Sippen in eine konvergieren. Für die meisten Fälle jedoch gälte es als höchst übereilt, wollte man der Konvergenz eine genaue und allgemeine Ähnlichkeit der Struktur der abgeänderten Nachkommen sehr unterschiedlicher Formen beimessen. Die Gestalt des Kristalls wird nur von Molekularkräften bestimmt, und es ist gar nicht überraschend, wenn ungleiche Substanzen zuweilen dieselben Formen annehmen. Bei ähnlichen Wesen jedoch dürfen wir nicht außer Acht lassen, daß die Form jedes einzelnen von einer unendlichen Verbindung von Beziehungen abhängig ist, namentlich von den Veränderungen, deren Ursachen viel zu verwickelt sind, um ausführlich dargelegt zu werden — von der Natur der Veränderungen, die erhalten oder auserlesen wurden, was

von den umgebenden physikalischen Bedingungen abhängig ist und mehr noch von den umgebenden Organismen mit denen jedes der Wesen in Wettbewerb treten muß — und schließlich auch von der Erbschaft (an und für sich schon ein schwankendes Element) zahlreicher Vorfahren, denen allen ihre Formen durch eine gleiche Verbindung von Beziehungen bestimmt wurden. Es ist unglaublich, daß die Abkömmlinge zweier Organismen, die ursprünglich beträchtlich unterschieden waren, später jemals so genau konvergieren sollten, daß es just zu einer Übereinstimmung ihrer ganzen Organisation führen könnte. Wäre das geschehen, so möchten wir unabhängig von der Sippenverbindung dieselbe Form in weit auseinanderliegenden geologischen Bildungen wiederkehren sehen, und der Beweis spricht gegen eine solche Annahme."

Die Paläontologie hat inzwischen Darwin berichtigt und Koken geradezu zur Einführung des Begriffes „iterative Artbildung" genötigt. „Schwärme von Varietäten und Arten liegen gleichsam stockwerkartig übereinander, ohne, wie es scheint, direkt genetisch verbunden zu sein." Koken beobachtete dies bei Gastropoden, Craniaden, Pectiniden usw. Er erinnert an die Worthenien oder Lophosphiren und die Raphistomen des baltischen und des nordamerikanischen Untersilurs, die sich unter gleichen Bedingungen aus gleichen Mittelformen entwickelt haben, und unter denen einige kaum zu unterscheiden sind. Philippi berichtet: „Der Vola-Typus mit vertiefter Unterschale und flacher Oberschale tritt einmal im Lias, das zweite Mal in der Kreide und das dritte Mal im Tertiär auf. Zwischen Lias und Kreide bis Oligocän klaffen riesige Lücken, aus denen uns von Vola keine Spur bekannt geworden ist. Die drei Vola-Typen sind trotz der Übereinstimmung in einem Merkmal nicht miteinander direkt verwandt, sondern entstehen getrennt voneinander aus dem persistierenden Stamm der normalen Pectiniden."

Der Auflösungsprozeß genetischer Reihen läßt sich nach Koken sowohl für viele niedere, als auch höhere Tiere voraussagen. „Daß aber selbst, wie die neueste paläontologische Forschung ergab, eine scheinbar so geschlossene Gruppe wie die Feliden diphyletisch ist, muß allerdings auffallen. Eine Diphylie im engeren Sinne, das heißt eine Konvergenz heterogener Linien, liegt allerdings nicht vor, sondern die zwei Stämme der Feliden kommen aus gemeinschaftlicher Wurzel, haben sich aber so wenig voneinander entfernt, daß wir sie für eine halten könnten. Dennoch führen sie getrennt bis zum Eocän herab. Ein ganz unscheinbarer Spalt im System läßt sich eine enorme Zeit zurückverfolgen." Es wird jetzt angenommen, daß in verschiedenen Linien der Selachier zu sehr verschiedenen Zeiten Rochenformen entstanden sind.

Überaus bezeichnend ist es, daß innerhalb einer und derselben Beziehung die eine Erscheinung als eine genetische, die andre als eine Konvergenzerscheinung gedeutet werden zu müssen scheint! So erklärt Dollo die Autostylie der Holocephalen und der Lungenfische als eine durch ähnliche Entwicklung des Gebisses bewirkte Konvergenzerscheinung. Koken ist bereit, ihm dies einzuräumen, meint aber, daß die auffallende Ähnlichkeit in der Organisation des Gehörs für Verwandtschaft spreche.

Angesichts solcher Tatsachen steht die Paläontologie vor der Alternative, entweder der Konvergenz für die Vereinheitlichung der Organisation eine sehr große Bedeutung beizumessen, oder aber anzunehmen, daß die Unauffindbarkeit von Formen durch lange Zeiten keinen Beweis schaffe für die Nichtexistenz jener Formen. Letztere Frage wird hier offenbar in einem noch etwas andern Sinne gestellt, als in dem von der Erhaltung von „Zwischenformen"; hier ist die Frage: ist etwa in bezug auf Vola zwischen Lias und Kreide bis Oligocän eine wirkliche oder nur schein-

bare Lücke vorhanden, handelt es sich somit um wirkliche oder nur scheinbare Konvergenz? Daß die Unauffindbarkeit von „Zwischenformen“ nichts gegen deren Vorhandensein beweise, behauptet ja die Deszendenztheorie mit Entschiedenheit. Im weiteren Verlaufe unserer Arbeit werden wir allerdings den Versuch machen, die von der Paläontologie festgestellte Stufenfolge, gemäß welcher Tiergruppen gleichsam nach einem gewissen System einander in der Herrschaft ablösen, positiv im Sinne unserer Anschauung zu begreifen. Aber das kann uns nicht hindern, hier im kritischen Teile diejenigen Bedenken geltend zu machen, die für manchen, der ein positives Verständnis den Tatsachen abringen zu können nicht vermeint und namentlich auch unseren Erklärungsversuch verwirft, doch in Betracht fallen könnten. Die Annahme, daß die Unauffindbarkeit von Formen keinen Beweis schaffe für deren Nichtexistenz, wird natürlich bis zu einem gewissen Grade auch logisch postuliert. Der Zug des Todes kann nicht durchaus maßgebend sein für die Wissenschaft des Lebens. Wenn in einer bestimmten Formation eine Gruppe „dominiert,“ so ist der unmittelbare logische Schluß jedenfalls der, daß diese Gruppe in jener Zeit besonders heimgesucht wurde. Sekundär, und selbstverständlich gerechtfertigt, ist der Schluß auf eine besonders breite Entwicklung der Gruppe. Wann aber Säugetiere, Reptilien, Fische entstanden, ob die Reihe des Wirbeltierstammes anders wie die der andren Phylen nicht ins Kambrium hinabreicht, ob ein wirklicher Fortschritt der Organisation stattgefunden hat, — darüber wird apodiktisch nicht ausgesagt werden können. Die Entwicklungspotenz eines Stammes könnte unter gewissen Einflüssen auf- und niedergehen. Dann müssen wir aber auch anerkennen, daß schon in den ältesten Zeiten sämtliche großen Kreise der Tierwelt vertreten sein konnten; wie wir bereits im vorigen Kapitel gesehen haben, finden wir uns hierin im Einklang mit

der modernen Paläontologie. Dieses Anerkenntnis ist aber für die Deszendenztheorie kritisch. Sie raubt ihr ein wichtiges empirisches Fundament der Entwicklungsanschauung.

Will man sich jedoch für die andre Alternative entscheiden und eine weitgehende Konvergenz einräumen, so kann man dieses Prinzip nur noch dadurch höchst willkürlich beschränken, daß man die Gemeinsamkeit der Abstammung als die eigentliche Ursache der Konvergenz betrachtet. Ich meine aber, daß die Paläontologie die Willkürlichkeit einer solchen Annahme nahe legt. Würde man das paläontologische Beweisgebiet von der Ontogenie und der Anatomie isolieren, so wäre das Hineintragen der Abstammungshypothese in die Diskussion darüber, ob man sich für das Divergenz- oder Konvergenzprinzip zu entscheiden habe, eine offenkundige petitio principii. Aber die Zulässigkeit dieses Verfahrens kann auch vom Boden der Abstammungslehre aus in Zweifel gezogen werden. Denn die Begrenztheit oder Unbegrenztheit beider, der Divergenz und der Konvergenz, hängt von der Begrenztheit oder Unbegrenztheit der Variabilität ab. Konnte eine einheitliche Organisationsgrundlage in die heute vorhandene Mannigfaltigkeit divergieren, so konnte eine primäre Mannigfaltigkeit mindestens bis zu dem Grade der Einheitlichkeit konvergieren, der heute empirisch in die Erscheinung tritt. Für die Behauptung des Gegenteils würde schon der Behauptende beweispflichtig sein. Koken hat dies richtig erkannt, wenn er sagt: „Ist aber die Variabilität limitiert, so hat auch die Abhängigkeit der Form von äußeren Einflüssen ihre Grenzen und wird auch die Konvergenz beschränkt, welche genetisch sehr verschiedene Reihen infolge der Anpassung an ähnliche oder gleiche Bedingungen einander näher bringt.“ Es ist aber nicht ganz folgerichtig, wenn auch er für fernerstehende Linien scheinbar eine nur ganz äußerliche Konvergenz a priori zuläßt. Auch wir sind der Meinung, daß die Konvergenzweite durch

die Beharrung der Spezifität sehr wesentlich eingeschränkt wird; aber die letzte Entscheidung kann doch nur von empirischen Konvergenzforschungen getroffen werden. Von einem Vertreter der Abstammungslehre, das heißt einem Theoretiker, der der Divergenz eine weitgehende Bedeutung zugesteht, dürfen wir das gleiche Vertrauen auch für die Tragweite der Konvergenz fordern. Die um Darwin, z. B. Lubbock, haben ausdrücklich betont, daß die Frage offen bleibt, in welchem Grade die divergierende Wirkung der natürlichen Zuchtwahl gehemmt werde durch die „Unveränderlichkeit des Typus"; es kam ihnen darauf an, eine vera causa im Naturgeschehen zu wissen. In dem Maße, als es der heutigen Naturforschung unwahrscheinlicher wird, daß die Variabilität unbegrenzt sei, wächst mit Rücksicht auf die Tatsachen der Paläontologie das Recht der Konvergenz, als eine vera causa auf den Plan zu treten und sich mit dem feindlichen Prinzip zu messen.

Fünftes Kapitel.

Die Entwicklungsgeschichte.

•◆•

Inhalt.

Die Angriffe auf das biogenetische Grundgesetz. — Die Wandlung in der Auffassung des Gesetzes. — Mehnerts Grundgesetz der Organogenese. — Kritik der Ergebnisse. — Verwertung für die Lehre von der Spezifität der Organisation. — Untersuchungen über das absolute und relative Wachstum. — Mechanische und chemische Kautelen für die Erhaltung der Spezies. — Embryonalentwicklung, Regeneration und Knospung.

Nach der Begründung der Abstammungslehre wurde die Entwicklungsgeschichte sehr bald in die innigsten Beziehungen zu ihr gesetzt. Aus dem übereinstimmenden Verlauf der Entwicklung der verschiedensten Tierarten wurde eine überaus wichtige Bestätigung der Abstammungslehre gefolgert, und es wurde auch der umgekehrte Schluß gezogen, daß die Stammesgeschichte die mechanische Ursache der Ontogenie sei. Daran knüpfte sich die Erhebung der Entwicklungsgeschichte zu einem heuristischen Prinzip, als es die Reihenfolge, in der die Stämme einander abgelöst haben, zu bestimmen galt. Diese besondere Aufgabe, welche sich die Abstammungslehre steckte, wurde in richtiger Erkenntnis ihres durchaus hypothetischen Charakters auch von den eifrigsten Anhängern der Deszendenztheorie zu dieser in einen gewissen Gegensatz gebracht, und die Disziplin, die sich mit dem Aufstellen der Stammbäume beschäftigte, als Deszendenzhypothese bezeichnet.

Gegen die Beziehung der Entwicklungsgeschichte zur Abstammungslehre, die ihren prägnantesten Ausdruck im biogenetischen Grundgesetz fand, wurden schon sehr bald nach Aufstellung dieses Gesetzes Angriffe laut, die auf diejenige Auffassung der Entwicklungsgeschichte hinausliefen, der wir auch in dieser Betrachtung zusteuern. Es wurde geleugnet, daß die Fassung des biogenetischen Grundgesetzes, wonach die Keimesgeschichte ein kurzer Auszug aus der

Stammesgeschichte ist, zutreffend und im besonderen für die Aufstellung von Stammbäumen mit Sicherheit zu verwenden sei. Zum größten Teil wurden aber diese Angriffe auf nichts andres begründet, als auf reine Spekulation. Die empirischen Forschungen, auf die auch wir uns im folgenden stützen werden, setzten an die Erörterung der heuristischen Tragweite der Keimesgeschichte für die Stammesgeschichte an. In dieser Hinsicht sind besonders die Arbeiten von Oppel und Keibel zu nennen. Diese und andre Arbeiten haben den Zweifel über die Geltung des biogenetischen Grundgesetzes so verschärft, daß er bei O. Hertwig folgenden Ausdruck fand: „Wir müssen den Ausdruck Wiederholung von Formen ausgestorbener Vorfahren fallen lassen und dafür setzen: Wiederholung von Formen, welche für die organische Entwicklung gesetzmäßig sind und vom Einfachen zum Komplizierten fortschreiten. Wir müssen den Schwerpunkt darauf legen, daß in den embryonalen Formen ebenso wie in den ausgebildeten Tierformen allgemeine Gesetze der Entwicklung der organisierten Leibessubstanz zum Ausdruck kommen . . . Daß gewisse Formenzustände in der Entwicklung der Tiere mit größerer Konstanz und in prinzipiell übereinstimmender Weise wiederkehren, liegt hauptsächlich daran, daß sie unter allen Verhältnissen die notwendigen Vorbedingungen liefern, unter denen sich allein die folgende höhere Stufe der Ontogenese hervorbilden kann. So führt uns die Vergleichung ontogenetischer Stadien der verschiedenen Tiere, teils untereinander, teils mit den ausgebildeten Formen niederer Tiergruppen, zur Erkenntnis allgemeiner Gesetze, von welchen der Entwicklungsprozeß der organischen Materie beherrscht wird. Bestimmte Formen werden trotz aller beständig einwirkenden Umänderungsfaktoren im Entwicklungsprozeß mit Zähigkeit festgehalten, weil nur durch ihre Vermittlung ein kompliziertes Endstadium auf dem einfachsten Wege und in artgemäßer Weise erreicht werden

kann.“ Hertwig spricht es auch aus, es sei „nicht zu billigen, wenn man den Begriff der Homologie mit dem Begriff wirklicher Blutsverwandtschaft zu verquicken und aus ihm zu erklären versucht. Denn dadurch macht man für das ganze Lehrgebäude der vergleichenden Morphologie die Hypothese zur Grundlage; vielmehr hat die vergleichende Anatomie und die vergleichende Entwicklungsgeschichte der Organismen nur nach dem Maßstabe ihrer größeren oder geringeren Ähnlichkeit, wobei allerdings alle Organisationsverhältnisse zu berücksichtigen sind, die Organe nach ihren Lagebeziehungen, ihrem Bau und der Art ihrer Entwicklung zu vergleichen, und hieraus allgemeine Regeln zu ziehen, zu welchen sich dann in zweiter Reihe noch die Frage nach Abstammung und Blutsverwandtschaft als etwas hypothetisches hinzugesellen kann.“ Die Stellung Hertwigs hat mithin, wie diejenige der heutigen Biologie überhaupt, in bezug auf unsere Frage etwas schwankendes. Das tritt auch in dem Referat zu Tage, das Eduard von Hartmann über die Abstammungslehre seit Darwin geboten hat: „In der Tat ist die Anerkennung des Satzes, daß gleiche organische Einrichtungen bei fertigen Organismen ebenso die Folge gleichlautender gesetzmäßiger Entwicklungsprozesse wie diejenige der Blutsverwandtschaft sein können, geeignet, zur Vorsicht auch in der Anwendung des biogenetischen Grundgesetzes zu mahnen. Nicht nur kann eine Keimesgeschichte auf eine völlig unbekannte Stammesgeschichte zurückweisen, die ohne Blutsverwandtschaft mit den uns bekannten Stammesgeschichten mehr oder weniger parallel verlief, sondern es kann auch der morphologisch-systematische Parallelismus zwischen Keimes-Entwicklung und Stammes-Entwicklung mehr oder weniger an Stelle der genealogischen Rekapitulation treten. Ja, sogar die ganze Vererbung der stammesgeschichtlichen Vorstufen auf die Stufen der Keimesentwicklung kann da, wo sie besteht, ausschließlich durch das

Walten der gleichen Entwicklungsgesetze in beiden vermittelt sein, sodaß das Problem der stammesgeschichtlichen Vererbung erst durch sie seine wahre Lösung erhält.“ Wir halten namentlich die letzte Bemerkung Eduard von Hartmanns als ein bemerkenswertes Zeichen dafür, daß unsere Anschauung, die ja auch zu einer Kritik des heute herrschenden Vererbungsbegriffes führt, als eine notwendige Konsequenz der neueren Forschungsergebnisse scharfen und klaren Denkern sich mitzuteilen beginnt. Neben der Homologie wird aber auch der analogen Ausbildung der Ontogenieen verschiedener Spezies unter dem Einflusse gleichwirkender äußerer Bedingungen Rechnung zu tragen sein.

Alle diese Zweifel und Erwägungen sind einem prinzipiellen Abschlusse nahegerückt worden durch die Arbeiten von Ernst Mehnert, deren Bedeutung gar nicht genug zu schätzen ist. In ihnen lebt Newtonscher Geist, da Mehnert sich nicht dabei beschieden hat, von Übereinstimmungen und Differenzen der Ontogenieen zu sprechen, sondern bemüht gewesen ist, für die Verschiedenheiten einen zahlenmäßigen Ausdruck und endlich ein organisches Grundgesetz zu entdecken. Er ist auch seiner großen Aufgabe unendlich nahe gekommen, und wenn wir seiner letzten Schlußfolgerung, die doch auf die Stammesgeschichte hinausweist, weil Mehnert eben von Anbeginn auf dem Boden der Stammesgeschichte steht, nicht zustimmen können, so tut dies doch der Verwendbarkeit seiner Ergebnisse für unseren Zweck nicht den geringsten Abbruch. Sie nehmen unstreitig eine außerordentlich wichtige Stelle in dem Zusammenhang unserer Beweisführung ein. In einer Arbeit, die er Kainogenesis genannt hat (sonst Caenogenese oder Cenogenese geschrieben) teilt Mehnert Ergebnisse über Vergleichungen von 384 fötalen Extremitäten mit. Seine Befunde standen zu dem Dogma, daß die Entwicklung bei den Wirbeltieren im allgemeinen eine gleiche sei, in einem ausgesprochenen

Gegensatze. Mehnert zeigte, daß die homologen Skelettstücke sich in ihrer Genese, sowohl in bezug auf die Zeit ihrer Anlage, als auch in bezug auf die Schnelligkeit ihrer histologischen Hervorbildung unterscheiden, und daß infolge solcher zeitlichen Verschiebungen sogar die Reihenfolge, in der die Organe sich zu differenzieren pflegen, bei einzelnen oft nahe verwandten Spezies eine recht unterschiedliche wird. „Derartige Abweichungen sind aber keineswegs nur geringen Grades, sondern oft so eklatant und nicht von der Hand zu weisen, daß ich schließlich bekennen mußte, die Genese eines jeden einzelnen Skelettstückes ist gleich von Anfang an und in allen weiteren Stadien durch spezifische Besonderheiten ausgezeichnet, welche sie von einer andern Spezies mehr oder weniger scharf scheiden."

Stammesgeschichtlich betrachtet, ist das Herz eine jüngere Differenzierung, welche erst sekundär aus einem Ventral-Abschnitt des primären Gefäßrohres entstand infolge einer sogenannten funktionellen Anpassung. Ontogenetisch differenziert sich das Herz früher als die großen Gefäße. Dies zeigt sich schon bei den Petromyzonten, die als auf sehr niederer Stufe stehende Wirbeltiere angesehen werden, desgleichen bei den Selachiern und Amphibien. Man könnte nun meinen, daß diese Heterochronie in der Entfaltung des Herzens nur bei der Gruppe der Kaltblüter auftritt. Das gleiche Prinzip gilt jedoch mit gleicher Schärfe auch für die höchstentwickelten Wirbeltiere, für die Vögel und Säugetiere. Gasser hat festgestellt, daß die Herzanlage beim Hühnchen schon sehr frühzeitig auftritt, und Türstig hat seine Angaben bestätigt. Hensen hat schon bei einem Kaninchen-Embryo, der 4,7 mm lang war und vier Urwirbel zählte, Herzanlagen gesehen, und Strahl hat bei einem nur um einen Urwirbel älteren Embryo „deutliche Herzanlagen" wahrgenommen. Keibel, der die Ontogenie des Schweines besonders studiert hat, konnte Herz-Endothelien verzeichnen,

während die Anlage von Blutgefäßen noch nicht deutlich war. Graf Spee berichtet über diese Beziehungen beim menschlichen Embryo Ähnliches: während er in der Keimscheibe eines von ihm untersuchten 1,54 mm langen Embryos noch nirgends Gefäß-Endothelien fand, war es schon möglich, eine „primitive Entwicklungsstufe“ des Herzens zu erkennen. An die Besprechung der erwähnten Fälle knüpft Mehnert folgende Zusammenfassung: Bei folgenden zwölf Vertebraten-Familien differenziert sich das Herz etwas früher als die zugehörigen Aorten resp. die übrigen großen Gefäße:

Torpedo ocellata.	Salamandra atra.
Pristiurus melanostomus.	Rana esculenta.
Acanthias vulgaris.	Gallus domesticus.
Mustelus vulgaris.	Sus scrofa.
Petromyzon fluviatilis.	Lepus cunniculus.
Triton alpestris.	Homo.

Wenn man annimmt, daß die großen Gefäße den phylogenetisch älteren Apparat darstellen, und das Herz eine phylogenetisch jüngere Differenzierung an demselben ist, so müssen die Ontogenieen, in denen das Verhältnis genau umgekehrt liegt, überraschen.

Dasselbe zeigt sich hinsichtlich der Milchdrüsenanlage. „Es bleiben . . . als mögliche Ausgangsformen für die Milchdrüsen in erster Linie Schweißdrüsen oder Talgdrüsen, oder allenfalls könnte man auch an eine andre noch indifferentere Art von Hautdrüsen denken, aus denen beide erstgenannten entstanden wären. Wie denn auch die spezielle Entscheidung liegen möge, die Milchdrüse gehört zu den Hautdrüsen, und selbst im äußersten Falle wären Milchdrüsen und Hautdrüsen phylogenetisch gleich alte Organe. Manche vergleichend-anatomische Anhaltspunkte berechtigen sogar zu der ganz speziellen Vorstellung, daß die Hautdrüsen der jetzigen Säugetiere sich an uralte, bei den Amphibien bestehende

Drüseneinrichtungen anlehnen, indessen die Milchdrüsen möglichenfalls erst ganz rezent aufgetretene, erst bei den Säugetieren erworbene, Organe vorstellen. Aus diesem Grunde dürfte man daher auch die wohlbegründete Erwartung hegen, daß auch in der Ontogenese zuerst die Hautdrüsen sich anlegen, und erst dann die Milchdrüsen sich aus denselben oder aus einer andern Drüsenkategorie hervorbilden, jedenfalls aber später als die eigentlichen Hautdrüsen auftreten.“ In der Ontogenie zeigt sich aber wieder gerade das Gegenteil. Kallius hat schon bei einem etwa 1,5 cm langen menschlichen Embryo die Anlage des Milchdrüsenapparats gesehen, während die Talgdrüsen sich nach Kölliker erst gegen Ende des vierten Monats anlegen, die Schweißdrüsen sogar im fünften Monat. Hugo Schmidt untersuchte die Brustregion einer Reihe verschiedene alter menschlicher Embryonen und fand bei allen wohl Anlagen der Hauptmilchdrüsen und zahlreiche kleinere Milchdrüsenanlagen, aber weder Spuren von Schweißdrüsen noch Talgdrüsen.

Die aufgezählten Beispiele und noch andre dieser Art beweisen, daß eine Abweichung vom biogenetischen Grundgesetz vorkommt, aber eine solche, in der sich doch mit großer Konstanz ein bestimmtes, erklärungsbedürftiges Prinzip verrät. Während in den erwähnten Fällen die Bildungen in der Ontogenie voreilen, gibt es umgekehrt Beispiele dafür, daß phylogenetisch ältere Skelettstücke eine Verkürzung ihrer histologischen Differenzierung erfahren können und infolgedessen ziemlich lange in der Stufe einer embryonalen Gewebsform verharren. Auch außerordentliche Verlangsamungen der histologischen Differenzierung pflegen bei solchen regressiven Organisationen vorzukommen.

Mehnert glaubt die angeführten grundsätzlichen Tatsachen aus stammesgeschichtlichen Gesichtspunkten deuten zu müssen. Die Länge eines ausgewachsenen Skelettstücks

sei nicht ein demselben gleich von Anfang an durch alle Zeiten immanenter Besitz. Die definitive Länge, die ein Skelettstück beim ausgewachsenen Tiere besitzt, sei vielmehr mit ein Ausdruck für die phylogenetische Längenprogression. „Das Femur, welches beim Menschen die größte Längenprogression entwickelt hat, entfaltet sich bei ihm auch am allerraschesten, die Phalanx I. des Daumens, welche unter den von mir verglichenen Objekten das kleinste Stück ist, entfaltet sich am langsamsten." Die zur Zeit eingehaltene Ausbildungshöhe sei aber nicht immer ein Ausdruck der einmal erreichten Entwicklungshöhe, sie gebe vielmehr bei regredienten Organen an, inwieweit dieselben in der Ausbildung zurückgeblieben seien. Es bestehe aber auch bei regredienten Organen eine gewisse Proportionalität zwischen der phyletischen Regredienzstufe und der ontogenetischen Verlangsamung. Durch Zusammenlegung dieser Erfahrungen gewinnt Mehnert ein Grundgesetz der Organogenese, welches er so formuliert: „Die Schnelligkeit des ontogenetischen Entfaltungs- (Wachstums-) Prozesses eines Organs ist proportional seiner zur Zeit eingehaltenen Entwicklungshöhe. Sie steigt jedesmal mit der Zunahme und sinkt jedesmal mit der Wiederaufgabe der einmal erreichten Entwicklungshöhe." Nach der Erläuterung Mehnerts wird die Geschwindigkeit des Wachstums eines Organs mit einer jeden neuen Generation zunehmen. Ein jedes Organ ist somit ein für sich selbständiges Wachstumszentrum, das in dieser Hinsicht nicht mit seinem Nachbar, sondern mit seinem Vorfahrorgane verknüpft ist. Im Anschluß an His wird hervorgehoben, daß in den einzelnen Lebensperioden große Unterschiede der Wachstumsintensität bestehen, und zwar gilt das Wachstumsprinzip, daß das Wachtumsgefälle ein im allgemeinen abnehmendes ist. „Am Ende der Fötalzeit beträgt der Schädelumfang in unserer Gegend präter propter 32 cm, zum Schlusse der Wachstumsperiode

durchschnittlich 54 cm. Hieraus ergibt sich, daß das Schädelwachstum während der acht Fötalmonate nahezu doppelt so viel leistet als während der jahrelangen postfötalen Wachstumsperiode."

„Das Wachstum der Organe erfolgt unter dem Einflusse zweier Faktoren. Einer von ihnen besteht aus ererbten Qualitäten, welche sich äußern als Evolution phyletischer Energieen. Zu derselben gesellt sich indessen noch ein unter der speziellen Einwirkung der funktionellen Betätigung des Individuums wachsender Zellenbetrag, welcher seinerseits die individuelle Entwicklung oder den epigenetischen Faktor repräsentiert. Der Evolutionsfaktor ist ererbt und daher in seiner speziellen Größe jedesmal durch die Vorfahrenglieder streng normiert. Er wird gewonnen aus den ständigen Beziehungen, welche zwischen den Organkeimchen der Germinalzellen und den einzelnen Organen ihres Trägers als bestehend anzunehmen sind. Man kann diese Organkeimchen mitsamt den ihnen im reifen Zustande anhaftenden Qualitäten als Determinanten im Sinne Weismanns auffassen. Ihre Entfaltung äußert sich als eine ihrer Schnelligkeit nach streng bemessene karyokinetische Auslösung, welche nach einem ganz bestimmt vorgeschriebenen Kräfteprogramm erfolgt und daher unter normalen Umständen immer zu einer bestimmten Form führen muß. Diesem ererbten oder Evolutionsdeterminanten gebührt mit Recht die Bezeichnung eines primären oder Hauptdeterminanten."

Da nach Mehnert die Höhe der phyletischen Differenzierung, welche ein jedes Organ, resp. eine jede Tierspezies in der Gegenwart annimmt, keine Konstante ist, sondern unter dem Einfluß der Entwicklung einem beständigen Weiterausbau unterliegt, so ergibt sich, daß die Ontogenie einer jeden Spezies keine für alle Zeiten feststehende, sondern nur eine variable, ständig je nach der positiven (progrediente)

oder negativen (regrediente) Richtung sich ändernde Größe sein kann. „Diese Vorstellung von einer im beständigen Flusse befindlichen phyletisch bedingten Kainogenese involviert ganz von selbst eine derzeit bestehende Spezifität der Entfaltung in einer jeden einzelnen Tierart für sich und in einer jeden einzelnen Organogenese derselben. . . . Hieraus ergibt sich ganz von selbst die praktische Folgerung, daß das Studium der Embryogenese und einer jeden Organogenese einer beliebigen Tierart speziellen Wert nur in bezug auf letztere haben kann. Ein embryologischer Befund, der bei einer Spezies gemacht wird, dürfte allenfalls nur auf die allernächste blutverwandte Gruppe verallgemeinert werden, aber auch nicht weiter, solange die Vergleichung sich innerhalb der Grenzen wissenschaftlicher Berechtigung halten will."

Es läßt sich gar nicht leugnen, daß die großartige Entdeckung Mehnerts, wenn die Abstammungslehre zu Recht besteht, diese mit einem Schlage zum Range einer exakten Wissenschaft erhebt; aber irgend ein Beweis für die Richtigkeit der Abstammungslehre ist der Mehnertschen Forschung nicht zu entnehmen: in dieselbe wird vielmehr der genetische Gesichtspunkt von vornherein axiomatisch eingeführt. Das wirklich unhypothetische Ergebnis ist nur dieses: daß eine jede Spezies eine verschiedenartige ontogenetische Entfaltung aufweist, die dadurch gekennzeichnet ist, daß eine jede Spezies eine für sie charakteristische Relation des Wachstums der einzelnen Organe besitzt.

Man muß aber fragen: Was gibt Mehnert das Recht, den als verschieden erkannten Ontogenieen die Abstammungsvorstellung noch zu Grunde zu legen, wenn diese Vorstellung umgekehrt einen ihrer vorzüglichsten Beweise gerade aus der vermeintlichen Übereinstimmung der Ontogenieen geschöpft hat? Für die vor der Abschätzung der Mehnertschen Spezialforschung vorweg zu entscheidende Grundfrage, ob die Abstammungslehre richtig sei, bedeuten die Ergeb-

nisse Mehnerts keinen Gewinn. Für uns, die wir das Beweisgebäude der Deszendenztheorie zum Teil bereits abgetragen haben, zum Teil noch weiter werden abbröckeln sehen, sagen die Mehnertschen Resultate nur das aus, was sie wirklich sagen: eine jede Spezies hat eine nur ihr zukommende Organogenese, die darin besteht, daß in den Beziehungen der Organe zueinander bald dieses, bald jenes Organ dominiert.

Wir wissen den Wert dieser Erkenntnis auch für unsern Standpunkt wohl zu schätzen, denn sie erschließt uns mit einem Schlage die konkrete Natur der spezifischen Unterschiede und erhebt den Begriff der Spezies vom verschwommenen Nominalismus zum Ausdruck einer realen Tatsache. Wir begreifen demnach die Organisation als die in bestimmten Geschwindigkeits-Relationen erfolgende räumlich-zeitliche Auseinanderlegung der Körperteile. Einem solchen speziellen Wachstumsprozesse haben wir es zu verdanken, daß unsere Haltung eine aufrechte geworden ist, und unser Gehirnwachstum relativ das aller andern Lebewesen überragt.

Wir wollen aber nicht leugnen, daß die absolute Körpergröße etwas ist, was nicht nur der Vererbung unterliegt, sondern auch durch die Folge der Generationen eine gewisse Steigerung zu erfahren scheint, was natürlich unbeschadet des relativen Wachstums der einzelnen Organe in Beziehung aufeinander, und somit der Erhaltung der Spezies, geschehen kann. Die absolute Größenzunahme kann dann natürlich genetisch überhaupt nicht verwertet werden; daß man es gleichwohl getan hat, beweist in einer für die abstammungstheoretischen Arbeit höchst nachteiligen Weise, wie leichten Sinnes dieselbe zuweilen gehandhabt worden ist. Jetzt hat man erkannt, daß Riesenformen genetisch unabhängig in benachbarten Zweigen eines Stammes auftreten, und mit Recht, wie Burckhardt meint, an allen verwandtschaftlichen

Beziehungen von Riesenformen unter sich gerüttelt. „Die Pachydermata, die Laufvögel, sind als genealogische Einheiten aufgelöst und mit den weniger riesigen Vorfahren in systematische Gruppen vereinigt worden. Bei einer Vogelabteilung ist dies noch nicht geschehen, nämlich bei den Tauben, wo Didus und Pezophaps stets noch auf Grund ihrer Fluglosigkeit und des Riesenwuchses in einer Familie vereinigt wurden. Trotzdem liegt kein zureichender Grund hierzu vor, es ist vielmehr wahrscheinlicher, daß, wie innerhalb der Rallen durch Konvergenz an getrennten Punkten der Erde Formen von solcher Ähnlichkeit wie Diaphorapteryx und Aphanapteryx entstehen konnten, auch innerhalb andrer Stämme die Riesenformen in erster Linie nicht als unter sich verwandt, sondern als physiologisch konvergent zu betrachten seien. Innerhalb artenreicher Gruppen wie die Prosimier oder gar die Tauben sind, wird man sich aber gerade am allerschwersten zu einer Trennung anscheinend so nahe verwandter Erscheinungen entschließen, und zwar um so weniger, je artenreicher die betreffende Familie ist. Daher ist gerade das Beispiel des Lemurenstammes und seiner beiden terminalen, aber unter sich nicht näher verwandten Riesen auch in allgemein-systematischer Hinsicht lehrreich.“ In Beiträgen zur Biologie der Reptilien und Batrachier hat Werner gezeigt, daß wir Riesenformen mitunter in einer und derselben Art, bei einer Varietät finden, während die andern bestimmte Grenzen einhalten. Eine erwachsene Testudo leithi aus Ägypten erscheint neben einer altjonischen Testudo gräca als ein wahrer Zwerg. Das Wachstum hängt von Nahrungs- und andern Einflüssen ab. Auch die bekannten Zerstückelungsexperimente von Driesch sind dahin zu deuten, daß die spezifische Wachstumsrelation von der absoluten Größe unabhängig ist.

Wäre es aber nicht möglich, daß unter einem äußeren Einflusse die Progression oder Regression das Wachstum

irgend eines einzelnen Organs ergreift, so daß sich doch ein Weg eröffnen würde, auf dem eine Veränderung der spezifischen Wachstumsrelation hätte zustande kommen können? Wir werden diese Frage entschieden verneinen. Die Spekulation hat freilich hier freien Spielraum; sobald man aber auf Tatsachen zurückgeht, begrenzt sich der Kreis der Möglichkeiten von selbst. Wir wissen z. B. durch die Untersuchungen von Babák, daß der Darmkanal der nur mit Fleisch ernährten Froschlarven durchweg kürzer als derjenige mit normaler (gemischter) Kost oder ausschließlich mit Pflanzenkost gefütterter Tiere wird. Aber hier handelt es sich um eine sehr enge Beziehung zwischen der Ernährung und den dabei beteiligten Körperteilen. Dagegen ist keine Tatsache bekannt geworden, und auch keine denkbar, welche die zur spezifischen Veränderung notwendigen Wachstumsrelationen — und das will bedeutend mehr sagen als die analoge Wachstumsveränderung einzelner Körperteile — verursachen könnte. Wo wir in der Erfahrung das Wachstum der Organe beobachten konnten, ist es immer das absolute Wachstum, und wo man in bestimmter Richtung sich verändernde Wachstumsrelationen aufgedeckt und sie genetisch mit einander verbinden zu müssen geglaubt hat, da kann es sich nach unserer Anschauung nur um das Nacheinander-Auftreten spezifisch weniger verschiedener, aber immerhin verschiedener, genetisch jedoch voneinander gänzlich unabhängiger, Formen handeln. Der Versuch an Pflanzen zeigt deutlich, daß jede unter dem Einfluß äußerer Bedingungen veränderte Keimungsenergie in Wahrheit eine Verkümmerung ist, die kaum zu neuer kräftiger Artbildung führen kann. Die Samen von auf der Sandlingsalpe akklimatisierten Ebenenpflanzen werden im Laboratorium später zum Keimen gebracht, als die Samen der gleichartigen unbeeinflußten Ebenenpflanzen; dagegen eilen die Samen spezifisch alpiner Arten den Samen gleicher Arten voraus, wenn diese in der

Ebene kultiviert sind. Es ist eine fast durchgängige und mit zahlreichen Beweisen belegbare Beobachtung, daß unter Veränderungen der äußeren Bedingungen die Fruchtbarkeit der Organismen leidet. Und dies alles spricht entschieden dagegen, daß aus tiefgreifenden Veränderungen der organischen Entfaltungsweise eine neue, kräftige Spezies hervorgehen könnte.

Gerade die Relativität des Wachstums sichert den Bestand der Arten, indem sie eine Vermischung spezifisch verschiedener Formen miteinander mechanisch verhindert. Und wenn man sich diesen Gedanken recht vergegenwärtigt, so wird man eine außerordentliche Schwierigkeit in der Vorstellung finden, daß bei einzelnen Individuen einer Tiergruppe auftretende relative Wachstumsvariationen sich auf ihre Nachkommen vererben konnten. Man muß auch stets daran denken, daß es sich um sehr durchgreifende korrelativ mit einander verknüpfte Unterschiede handelt. Es scheint auch, daß die Natur die Erhaltung der Spezies mit doppelten Kautelen umgeben hat: außer mit der mechanischen auch noch mit einer chemischen. O. von Fürth berichtet darüber: „Von Dungern vermochte in den Eiern von Seesternen die Anwesenheit von Substanzen nachzuweisen, die bereits in minimalen Mengen geeignet sind, die Spermatozoen von Seeigeln abzutöten, während sie für die Seestern-Spermatozoen unschädlich sind. Diese Gifte werden im Gegensatz zu den Alexinen des Wirbeltierserums durch Hitze nicht unwirksam gemacht, können daher auch durch einfaches Abkochen der Eier mit Seewasser erhalten werden. Bemerkenswerterweise scheinen derartige Substanzen auch sonst in den Geweben der Seesterne vorzukommen, zum mindesten konnte ihre Anwesenheit im Hautschleim gezeigt werden. Es finden sich ferner im Eiplasma der Seesterne Substanzen, die eine agglutinierende Wirkung gegenüber Seeigel-Spermatozoen ausüben. Das kleinste Eifragment genügt, um die

letzteren zum Verkleben zu bringen und ganze Büschel derselben am Schwanzende festzuhalten. Überdies verfügt aber die Natur über ein weiteres sehr wirksames Mittel, um die Spezietät der Befruchtung zu wahren: die Eier enthalten Substanzen, welche die Bewegungen fremder Spermatozoen anregen, dagegen bei den eigenen Spermatozoen die durch andere Reize gesetzte Erregung herabsetzen. Von Dungern vermochte zu zeigen, daß Reize aller Art die radiale Stellung der Samenkörperchen gegenüber dem Ei und so das Eindringen derselben vermindern. Da die Spermatozoen beim Zusammentreffen mit gleichartigen Eiern mit diesen die Reizwirkung hemmenden Substanzen in Berührung kommen, so werden sie nicht wie sonst, wenn ein taktiler oder chemischer Reiz sie trifft, durch Verstärkung der seitlichen Drehung vom Berührungspunkte abgelenkt; sie besitzen und erhalten im Gegenteil eine mehr geradlinige Bewegungsrichtung und können somit, wenn sie in nicht zu schrägem Winkel auf die Oberfläche aufstoßen, auf mechanische Weise aufrecht gestellt werden. Damit sind aber, so lange die Bewegung der Spermatozoen kräftig genug bleibt, die Bedingungen für ein Eindringen derselben in die physikalisch dazu geeigneten Eier gegeben.“ Die vertiefte Forschung zeigt mithin, daß die Veränderung der Spezies nicht nur eine an sich unannehmbare mechanische, sondern auch eine damit in Verbindung auftretende physiologisch-chemische Variation voraussetzen würde, erweist also jene Vorstellung als eine wissenschaftlich ganz und gar unhaltbare.

Endlich sei auch erwähnt, daß Eugen Schultz Untersuchungen über das Verhältnis der Regeneration zur Embryonal-Entwicklung und Knospung angestellt hat, mit besonderer Berücksichtigung der Frage, ob auch die Regeneration und die Knospung phylogenetische Züge aufweisen. Er kommt zu dem Ergebnis, daß die Regeneration, obwohl keine genaue Wiederholung der embryonalen Entwicklung,

dennoch phylogenetische Merkmale festhält und zuweilen sogar ursprünglichere Wege einschlägt. Bei der Knospung ist in vielen Fällen, wie bei der Entwicklung der Gemmen und Statoblasten und der Knospung der Tunicaten, auch die letzte Spur der Phylogenese verschwunden; in den meisten Fällen überwiegen die cenogenetischen Eigentümlichkeiten. Die Knospung hängt so wenig von der Embryonalentwicklung ab, wie die Regeneration. Es werden wohl also alle drei Erscheinungen, wenn sie mehr oder weniger übereinstimmend phylogenetische Züge aufweisen, von einer mechanischen Grundlage, von der Phylogenese abhängen? Der an sich unbegreifliche Vorgang der Erhaltung stammesgeschichtlicher Merkmale in der Ontogenie würde dreifach unbegreiflich sein? Ich denke, gerade der Umstand, daß Merkmale, die man als stammesgeschichtliche anzusehen geneigt ist, auch in der Regeneration auftreten, sollte die Anschauung nahe legen, daß es sich hier wie auch bei der Embryonalentwicklung um einen Prozeß handelt, der seine Differenzierungsregel in sich trägt und keineswegs aus einer verschollenen millionenjährigen Vergangenheit entlehnt.

Sechstes Kapitel.

Theorie der spezifischen Vererbung.

Inhalt.

Die Theorie der Vererbung hat von den Tatsachen auszugehen, die durch die neueren biologischen Forschungen hinreichend sichergestellt sind. Im Anschlusse an die Entdeckung van Benedens am Ei von Ascaris, daß der Samen- und der Eikern bei der Kopulation die Chromatinschleifen gleich an Zahl und Aussehen zeigen, gelangte zuerst Strasburger, dann ziemlich gleichzeitig O. Hertwig, Kölliker und Weismann zu der Annahme, daß die Chromatin-Substanz die qualitätenübertragende, hochkomplizierte Vererbungssubstanz sei. Damit schienen zwei auf theoretischem Wege vorher gewonnene Hypothesen bestätigt: Roux' Vermutung, daß der Kern nicht nur in seiner Masse, sondern auch in seinen Qualitäten geteilt werde, und Nägelis Spekulation über das Idioplasma. Diese Meinung hat sich dann ohne ersichtlichen Grund befestigt und in den verschiedensten biologischen Schriften die strikte Form angenommen: erfahrungsgemäß gehen väterliche und mütterliche Qualitäten in gleichem Maße auf das Kind über; da nun die Chromosomen diejenigen Kernelemente sind, die in dem väterlichen und dem mütterlichen Kerne in gleicher Quantität vorhanden sind, so können nur sie die Träger der väterlichen und der mütterlichen Qualitäten sein. Verworn, Bergh und andre haben zwar gegen diese Lehre Bedenken erhoben, doch ist ein ernstlich begründeter Widerspruch neuerdings kaum geäußert worden.

Gegen die Chromosomen-Theorie habe ich gelegentlich vor allem eingewendet, daß sie zwar auf einer in sich folgerichtigen Beweisführung beruht, daß diese Beweisführung aber sich auf eine unausgesprochene Voraussetzung gründet, die gleichsam als eine apriorische und nicht weniger als eine apodiktische eingeführt wird. Es wird angenommen, daß für das Verhältnis zwischen den väterlichen und mütterlichen Eigenschaften im Kinde die quantitative Beziehung zwischen der väterlichen und mütterlichen Substanz im konjugierten Kerne maßgebend sei. Es scheint, daß die Richtigkeit dieser Annahme in dem Maße als selbstverständlich gilt, als es für unmöglich gehalten wird, ihr schon zur Zeit mit den Mitteln genauer wissenschaftlicher Bestimmung, dem Experiment und der Berechnung, näherzutreten. Ich gab zu bedenken, daß, soweit spezifisch biologische Untersuchungsmethoden in Frage kommen, die Resignation zur Zeit auch ganz berechtigt sei, daß es jedoch erlaubt sein müsse, einen biologischen Vorgang, der unter dem Bilde eines physiko-chemischen begriffen wird, an einem physiko-chemischen Modell zu studieren. Und dann erscheint die Untersuchung weniger aussichtslos. Die Frage, um die es sich handeln kann, ist: wie verhalten sich die Eigenschaften einer Misch-Substanz zu den Eigenschaften der komponierenden Substanzen? Diese Frage ist mittels der an isomorphen Mischungen vollzogenen Experimente und Berechnungen mit vielleicht grundsätzlicher Gültigkeit zu beantworten. Da erweist es sich denn, daß, während das spezifische Gewicht bei den wirklich isomorphen Mischungen, namentlich in der Plagioklas-Gruppe, sehr genau mit dem Mischungsverhältnisse variiert, so genau, daß rechnerische Schlüsse gezogen werden können, und auch der Schmelzpunkt einer Mischung aus den Schmelzpunkten der Komponenten vermöge gewisser Methoden zutreffend berechnet werden kann, der Zusammenhang zwischen Komponenten und Mischung in bezug auf die optische Beschaffen-

heit schon kein ganz regelmäßiger ist, und daß in bezug auf die Form dieser Zusammenhang im allgemeinen nicht besteht. Der Formcharakter, der bei der Mischung quantitativ am meisten beteiligten Grundsubstanz, teilt sich nur sehr selten dem der Mischung mit; es gibt auch Beweise, daß dies direkt nicht der Fall ist; ja, es finden sich Andeutungen, daß hier eine umgekehrte Gesetzmäßigkeit mit im Spiele ist: So gibt es rhomboedrische Mischungen von $MgCO_3$ und $FeCO_3$, deren Polkantenwinkel um so schärfer wird, je mehr Mg bei der Mischung verwendet ist; und doch ist der Polkantenwinkel der Grundverbindung $MgCO_3$ stumpfer (107° 30′) als der von $FeCO_3$ (107° 0′)! Zum Teil fallen die Winkel überhaupt außerhalb der Differenzen, welche die Verbindungen aufweisen. Also: es herrscht keine einfache und selbstverständliche, sondern eine sehr komplizierte und unerwartete Gesetzmäßigkeit.

Damit ist die Voraussetzung, die der Behauptung zu Grunde liegt, daß die Chromosomen die Träger der Vererbungs-Substanz sind, in Frage gestellt, und folglich auch die auf sie gegründete Behauptung. Ich glaubte nun, daß dies nur bestreiten dürfte, wer den Unterschied zwischen dem Organismenreiche und der Welt der Anorgane als einen so tiefgehenden erachtet, daß er in dem biologischen Vorgange der Vermischung der animalischen Vererbungssubstanzen, was immer sie auch sein mögen, etwas sieht, was mit dem chemischen Prozeß der Vermischung von Stoffen außerhalb des Tierkörpers in keiner Hinsicht verglichen werden kann. Jedoch ist gegen die Beweiskraft der Ergebnisse über die quantitativ-qualitative Beziehung einer isomorphen Mischung zu ihren Komponenten für unsere biologische Frage seitens eines hervorragenden Naturforschers mir auch der folgende Einwand gemacht worden: Die Mischung der Chromatinsubstanzen soll mit isomorpher Mischung nicht verglichen werden dürfen, weil die Chromatin-

substanz wahrscheinlich nicht kristallisiert ist. Darauf habe ich geantwortet: Chemische Isomorphie ist der Grund dafür, daß chemische Substanzen sich in gegenseitiger Durchdringung zu einem homogenen Körper anordnen; aber sie ist nicht der Grund für die Regel der quantitativ-qualitativen Beziehung der Mischung zu den Komponenten; die Beziehungsregel kann für eine Mischung homogenen Charakters, die auf Grund einer besonderen biologischen Isomorphie möglich geworden ist, die gleiche sein, auch wenn die biologische Isomorphie nicht in einer noch unerkannten chemischen oder prochemischen begründet sein sollte. Im übrigen sprechen die Entdeckungen der neueren Zeit wohl dafür, daß die physikalisch-chemische Methode für unsere Untersuchung prinzipiell anwendbar ist. Veranlaßt durch die Feststellung von Loeb, daß die Wirkung des Spermatozoons durch physikalisch-chemische Agentien ersetzt werden kann, gibt Boveri jetzt zu, es sei denkbar, daß wir einmal anstatt von Centrosomen von chemischen Substanzen sprechen können. Das Recht, von Chromosomen zu sprechen, ist aber vielleicht noch zweifelhafter. Die ursprüngliche Form, welche die Anordnung des Chromatins im ruhenden Kerne beherrscht, wird dadurch, daß sie nach allen Wandlungen in den neuen Kernen restituiert wird, als auch dadurch, wie es geschieht, mehr als eine passive Disposition, als eine „Form" gekennzeichnet, welche durch beharrende Kräfte, wie auch die Physik sie kennt, bedingt sein mag, denn als ein aktives Stabilitätsgebilde. Aber wie dem auch sei, die mitten auf dem Wege der Wandlungen liegenden Stränge nicht einfach als Kernteile, sondern als somatische Kernelemente aufzufassen, hierfür gibt es nur einen Grund: die Konstanz ihrer Zahl für jede Organismenart. Diese Tatsache ist allerdings außerordentlich überraschend, jedoch bietet die Molekularphysik wiederum eine Erklärung dar, die das Rätsel aufzuhellen und den den Chromosomen gebührenden Rang genau

zu bezeichnen scheint. Wenn die inneren Organisationskräfte eines Kristalls und seine aus ihnen resultierenden physikalischen Eigenschaften in einem genauen geometrischen Formausdruck sichtbar werden, so liegt es nahe, in der die inneren Organisationsverhältnisse des Kerns und die damit konnexen Eigenschaften charakterisierenden Zahl der Chromosomen nicht sowohl ein geheimnisvolles arithmetisches, sondern vielmehr ein glücklicherweise sehr offenkundiges Formmoment zu erblicken. In der Diskontinuität, zu der sich die in zählbare Chromosomen zusammengezogene Chromatinmasse abgewandelt hat, tritt ein „meristisches“ Merkmal hervor, wie die Variation nach Zahlen bei Pflanzen und Ähnliches.

Ist aber das Chromosoma nur ein Ausdruck der Kräfte der Entwicklung, ist es ferner ein genauer Ausdruck nur der artbildenden Potenzen, ist es schließlich nur ein Ausdruck neben manchem andren, der dem Auge unverständlich sein mag, so kann man vom Chromosoma als einem Träger der Vererbungssubstanz allerdings noch sprechen, muß aber damit ganz andre Vorstellungen verbinden als früher. Die Vererbungssubstanz hat sich zu einem terminologischen Notbegriff von dynamischen Realitäten verflüchtigt, die hinter dem Chromosoma wirken, also nicht in ihm liegen. Und jene dynamischen Realitäten können durch die Vereinigung der Kern-Chromosomen der beiden Geschlechtszellen nicht einfach addiert werden.

An Manches in der eben geäußerten Auffassung klingt ein interessanter Ausspruch an, den ich bei Bunge finde: „Die Histologen verfallen immer und immer wieder in den Fehlschluß, daß das, was sie unter dem Mikroskop am deutlichsten sehen, auch die wichtigste physiologische Funktion haben müsse. Wie unrichtig eine solche Annahme sein könnte, läßt sich an folgendem Beispiele demonstrieren. Der kunstvolle Bau des Diatomeenpanzers ist jedem bekannt; er

dient als Prüfstein für die Feinheit und Schärfe eines Mikroskops. Je mehr man das Mikroskop vervollkommnet, desto mehr treten immer neue, immer schönere Formen an dem Panzer hervor. Und doch ist der Panzer nur tote Substanz, nur ein Ausscheidungsprodukt des Zellenleibs, des scheinbar strukturlosen Protoplasma-Tröpfchens. Wir sehen und bewundern den schönen Bau, den Baumeister sehen wir nicht. Sollte es sich nicht vielleicht ebenso verhalten mit den Kernteilungsfiguren, die man als Träger der Vererbungstendenz betrachtet? Sollte nicht auch in diesem Falle die rätselhafte Funktion der Vererbung in dem strukturlosen Protoplasma stecken und nicht in den schönen Figuren?" Hierzu muß allerdings bemerkt werden, daß die Histologen nicht deshalb den Chromosomen die Bedeutung von Trägern der Vererbungstendenzen zuerkennen, weil sie am deutlichsten sichtbar sind, sondern weil sie einen meßbaren Ausdruck von Qualitätsbeziehungen zu bieten scheinen.

Das chemische Experiment hat die Behauptung, welche die Chromosomentheorie in sich schließt, es sei die qualitätenrepräsentierende Chromatinmasse hochkompliziert, und naturgemäß desto komplizierter, je höher das Tier in der Reihe steht, nicht bestätigt. Nach der Untersuchung von Mathews ist das Chromatin des Herings- und Lachsspermas außerordentlich einfach zusammengesetzt, viel einfacher als das eines viel tiefer stehenden Tieres, eines Seeigels. Durch das Experiment ist es überhaupt in Frage gestellt, ob der Kern Träger der Vererbungssubstanz sei. Boveri hat gezeigt, daß auch kernlose Seeigeleier befruchtet werden und sich bis zu dem Pluteus genannten Stadium entwickeln können. Wenn bei einer solchen Befruchtung auch mütterliche Eigenschaften vererbt werden, so kann die Substanz schlechterdings nicht im Kerne sitzen; sofern aber, wie man auf Grund von Versuchen mit Bastardbildungen vermuten zu dürfen glaubt, nur väterliche Eigenschaften vererbt werden.

gewinnt die Lehre, daß der Kern Träger der Vererbungssubstanz ist, wieder an Raum. Aber der Zweifel kann auch im Anschluß an die Versuche von Pflüger, Driesch und O. Hertwig, die dahin geführt haben, das Ei als eine isotrope Bildung anzusehen, auf die Zelle im ganzen einschließlich des Protoplasmas erstreckt werden. So äußert sich denn auch Delage: „L'œuf n'est rien autre chose qu'une simple cellule et il ne contient ni germes spécifiques ni tendances quelquonces.“ Allein diese Konsequenz schießt über das Ziel hinaus. Durch das Studium der Entwicklungsgeschichte gelangt man immerhin dazu, abgesehen von irgendwelcher histologischen Spekulation, dem Prinzip der organ-bildenden Keimbezirke eine Berechtigung zuzugestehen. Dabei soll aber die Richtigkeit der Formulierung, die His dem Prinzip gegeben hat, dahingestellt bleiben: daß „einesteils jeder Punkt im Embryonalbezirke der Keimscheibe einem späteren Organ oder Organteile entspreche und andernteils jedes aus der Keimscheibe hervorgehende Organ in irgend einem räumlich bestimmbaren Bezirk der flachen Scheibe seine vorgebildete Anlage habe. Wenn wir die Anlage eines Teiles in einer bestimmten Periode entstehen lassen, so ist dies genauer zu präzisieren: das Material zur Anlage ist schon in der ebenen Keimscheibe vorhanden, aber morphologisch nicht abgegliedert und als solches nicht ohne weiteres erkennbar. Auf dem Wege rückläufiger Verfolgung werden wir dahin kommen, auch in der Periode unvollkommener oder mangelnder morphologischer Gliederung den Ort jeder Anlage räumlich zu bestimmen; ja, wenn wir konsequent sein wollen, haben wir diese Bestimmung auch auf das eben befruchtete und selbst auf das unbefruchtete Ei auszudehnen.“ Es kann nicht zugegeben werden, daß die bekannten Experimente, welche als entscheidend gegen das Prinzip der organbildenden Keimbezirke und die Mosaiktheorie angeführt werden, wirklich entscheidend sind. Denn die Möglichkeit

ist nicht auszuschließen, daß auch noch bei Isolierung der Furchungskugeln voneinander jedes Teilstück sich gleichsam potentiell regeneriert, ähnlich wie ein Kristallfragment.

Es ist lehrreich zu sehen, wie der erste Schritt, den man, ausgerüstet mit der Chromosomenlehre, in die Ontogenie hineintut, zu den größten theoretischen Schwierigkeiten führt — was regelmäßig das Merkmal einer falschen Theorie ist. Die Zahlen der qualitätentragenden Chromosomen werden, wie bereits erwähnt, mit Flemming und Boveri als konstant für jede Spezies angesehen. Es wird nun angenommen, daß jede Zelle ihre Chromosomenzahl, also ihre spezifischen Qualitäten, auf ihre beiden Tochterzellen übertrage. Es zeigt sich aber, daß bei der Bildung der Richtungskörper oder doch an irgend einer Stelle der Ovo- und der Spermatogenese die Zahl der Chromosomen auf die Hälfte reduziert wird. Während Boveri in seiner Vorstellung mit der Änderung der Zahl der Chromosomen keine Änderung ihrer Qualität nach verbindet, nimmt Weismann ganz folgerichtig an, daß der numerischen Reduktion auch eine qualitative entspreche. Aber diese Folgerichtigkeit kann doch nicht verhindern, daß in bezug auf die ganze Anschauung der Zweifel laut wird, ob sie nicht allzu grobmaterialistisch sei. Oder vermag jemand anzugeben, in welcher Weise man sich die Halbierung der Eigenschaften vorzustellen habe? Aus diesen Schwierigkeiten führt auch nicht die vorgeschlagene Lösung heraus, daß die Muttersegmente im Anfang der Ovogenese bivalente Teile seien, und somit die Reduktionsteilung als eine Scheinreduktion sich darstelle.

Vollends haben Rückert und Häcker überzeugend dargetan, daß die väterlichen und die mütterlichen Kernbestandteile, wie sich während der ersten Entwicklung des befruchteten Cyclopseies bis zur ersten Furchungsteilung und bis zur Kernkopulation zurückverfolgen läßt, selbständig bleiben, und daß der räumlichen Scheidung auch eine physio-

logische Verschiedenheit entspricht. Eine Vermischung der Qualitäten durch Vermischung der Chromatinmasse scheint also gar nicht stattzufinden. Es scheint überhaupt keine Vermischung stattzufinden, sondern eine gewisse bilaterale Anordnung. „Die Doppelkernigkeit, d. h. das Selbständigbleiben der väterlichen und mütterlichen Kernbestandteile," sagt Häcker, „macht sich in den Blastomerenkernen der ersten Furchungsstadien darin bemerklich, daß sowohl im Asterstadium als im Dyasterstadium die Chromatinschleifen jeder Teilungsfigur deutlich in zwei Gruppen geschieden sind, noch deutlicher aber darin, daß mindestens bis zum Beginn der Keimblätterbildung, die ruhenden Kerne aus zwei nebeneinander gelagerten Bläschen bestehen. Auch in den beiden Urgeschlechtszellen, die bis zum Stadium des ausschlüpfenden Nauplius in der Zweizahl persistieren, macht sich diese Doppelkernigkeit in einer Einschnürung des Kerns und in einer Zweiteiligkeit der Chromatinsubstanz bemerklich. Da man nun die geschilderten Eigentümlichkeiten zurück verfolgen kann bis zur ersten Furchungsteilung und bis zur Kernkopulation, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß es sich hier um eine fortdauernde Scheidung der väterlichen und mütterlichen Kernsubstanz handelt. Nicht selten finden sich nun Bilder, die zeigen, daß die beiden Abschnitte des Kerns nicht nur eine räumliche Scheidung, sondern auch eine physiologisch differente Verfassung zeigen. So kommen Asterstadien zur Ansicht, in denen die Segmentierung in den beiden Chromosomengruppen ungleich weit vorgeschritten ist, andrerseits können auch die sich rekonstituierenden Tochter-Doppelkerne in ihren beiden Hälften Unterschiede aufweisen, die sich nur durch eine physiologische Verschiedenartigkeit der beiden Kernsubstanzen erklären lassen. So zeigt der aus vier ganz symmetrisch gebauten und symmetrisch gelegenen Teilbläschen sich aufbauende Tochterkern (der ersten Furchungsteilung) in der

einen Gruppe eine auffallend dunklere Färbung des Kernsafts. Am deutlichsten tritt aber die physiologische Vergleichswertigkeit der beiden Kernhälften in den beiden Urgeschlechtszellen zur Zeit des dreigliedrigen Embryonalstadiums hervor: die Chromatinsubstanz, die hier ähnlich wie im Keimbläschen lange Zeit hindurch in der Phase des Knäuels verharrt, zeigt regelmäßig, entsprechend der oben erwähnten Zweiteiligkeit des Kernraumes, in der einen Kernhälfte eine dichtere, in der andern eine lockerere Anordnung des Fadenknäuels. Es kann also keinem Zweifel unterliegen, daß auch hier der physiologische Zustand der beiden Kernhälften nicht der gleiche ist, und dies würde wiederum darauf hinweisen, daß die Wechselwirkungen zwischen jeder der beiden Chromatingruppen einerseits und dem Zellplasma andrerseits verschiedenartig oder zum mindesten verschieden intensiv sind.“ Häcker hat die einschlägigen Untersuchungen neuerdings fortgesetzt. Er hat dabei besonders die Probleme ins Auge gefaßt, wie die elterlichen Keimanteile unmittelbar vor dem folgenden Befruchtungsprozeß sich verhalten (das Schicksal der großelterlichen Kernanteile), und ob der gonomere Kernzustand eine allgemeine Erscheinung des Tier- und Pflanzenreiches sei. Die Ergebnisse lauten, daß die Autonomie der väterlichen und der mütterlichen Kernhälften in der Keimbahn der Copepoden vom befruchteten Ei bis zu den Keimmutterzellen sich verfolgen lasse. Während der Eireifung von Cyclops finde eine Umordnung der Chromatinelemente in der Weise statt, daß die Eizelle in gleichmäßiger Mischung großväterliche und großmütterliche Elemente erhält, womit eine Paarung je eines väterlichen und großmütterlichen Einzelchromosoms verbunden sei. Der gonomere Kernzustand habe wahrscheinlich eine allgemeine Verbreitung bei den amphigon erzeugten Tier- und Pflanzenorganismen und bilde gewissermaßen einen Grenzfall des idiomeren Kernzustandes. Auch de Vries hat diesem Gegenstande

seine Aufmerksamkeit geschenkt, und auch er führt unter Berufung auf andre Autoren mancherlei Beweise für die „dualité permanente des noyaux cellulaires" an.

Mit der Erörterung dieser Frage haben wir uns aber einer zweiten, bisher unbeanstandet gelassenen, Grundvoraussetzung der Chromosomentheorie genähert: daß väterliche und mütterliche Eigenschaften in gleichem Maße dem Kinde zu teil würden. Dieses Problem ist besonders von den Botanikern durch Bastardierungsversuche gründlich in Angriff genommen worden. Mendel konnte bei seinen berühmten Versuchen keinen Einfluß des Geschlechts der Überträger feststellen. Correns und Tschermak aber kommen zu andren Ergebnissen. So ist nach Correns bei Kreuzung zwischen Matthiola glabra und M. incana stets die mütterliche Elternform für die Farbe der Embryo-Epidermis entscheidend. Tschermak hat gezeigt, daß sich sogar an den Mendelschen Versuchspflanzen erweisen läßt, daß der mütterliche Einfluß der maßgebende war. Von Tschermak wissen wir ferner, daß für die Form des Kreuzungsproduktes von Pisum arvense mit P. sativum ausschließlich die Mutter bestimmend ist. Millardet hat dargetan, daß die Bastarde zwischen verschiedenen Erdbeersippen entweder ganz dem Vater oder ganz der Mutter gleichen; er hat auch die Ergebnisse andrer Bastardierungen in gleicher Weise als „fausse hybridation" deuten zu dürfen geglaubt. Correns aber, dem wir ein sehr schönes Sammelreferat über die neuen Untersuchungen auf dem Gebiete der Bastardierungslehre verdanken, meint, es könnten die letzteren faux hybrides auch durch Afterbefruchtung zustande gekommen sein, oder es könnte auch der Pollen als Stimulans eine parthenogenetische Entwicklung ausgelöst haben. Es ist mithin auch die zweite Grundvoraussetzung der Chromosomenlehre keineswegs zulässig.

Damit schwindet der histologische Boden, auf dem die

heutigen Anschauungen über Vererbung ruhen. Die Vererbung von Qualitäten, wie die Abstammungslehre sie fordert, wird ein äußerst fragwürdiges Problem. Die Notwendigkeit rückt näher, an Stelle der Kategorie der Vererbung eine andre ausfindig zu machen, unter welche die in Frage kommenden Tatsachen zu subsumieren sind, und den Begriff der Vererbung, soweit er Gültigkeit haben soll, schärfer zu bestimmen und zu begrenzen. Zu dem gleichen Ergebnis führt auch die Feststellung, die wir der Anregung Weismanns verdanken, daß die Vererbung erworbener Eigenschaften etwas durchaus Problematisches ist. Im System Weismanns zwar ergibt sich diese These gleichsam als eine Folgerung aus einer sehr hypothetischen Grundlehre. Die Lehre von der Kontinuität des Keimplasmas führt nämlich zur Annahme zweier verschiedener Arten von Körperzellen, dem Soma und dem Keimplasma. Letzteres soll sich immer wieder direkt aus dem vorhandenen Keimplasma bilden, unbeeinflußt durch das Soma; das Keimplasma leitet die Generation weiter. Hieraus folgt die Nichtvererbbarkeit der erworbenen Eigenschaften. Aber das theoretische Postulat Weismanns hat doch zu einer Sichtung der einschlägigen Fälle geführt und eine allgemeine Zurückhaltung der Forscher gegenüber der Annahme der Vererbung erworbener Eigenschaften gezeitigt. Wir sind nun allerdings der Ansicht, daß die Lehre Weismanns ohne jede Beschränkung nicht angenommen werden kann. Wenn, wie wir gesehen haben, der zu irgend einer Zeit erworbene Kochsalzgehalt des Blutes in späteren Generationen oder gar Phylen auftritt, so liegt hier eine offenkundige Vererbung erworbener Eigenschaften vor. Aber so viel ist klar, daß ein Instrument, dessen die Abstammungslehre unbedingt bedarf, ihr aus der Hand gewunden ist, oder doch, daß seine Leistungsfähigkeit bedeutend herabgemindert ist. Freilich hat Weismann geglaubt, dieses Instrument missen und trotzdem die Abstammungs-

und Selektionslehre folgerichtig durchführen zu können. Allein man wird der Ansicht vieler Forscher zustimmen müssen, daß mit dem Preisgeben der Vererbbarkeit erworbener Eigenschaften der Abstammungslehre das Fundament entzogen wird. So sehen wir denn auch, daß ein Begründer der Abstammungslehre, wie Häckel, sich mit der Anschauung Weismanns keineswegs befreunden kann, und wir werden uns der Ansicht nicht erwehren können, daß gerade durch diese seine Hypothese Weismann dazu gedrängt worden ist, das künstliche und schier verkünstelte Hypothesengebäude aufzurichten, als welches sich seine Gesamttheorie darstellt.

So führt denn alles, was wir über Vererbung wissen und erfahren, auf eine empfindliche Beeinträchtigung der Deszendenztheorie. In der Chromosomenlehre etwas andres zu sehen, als was dem unbefangenen Auge sich zeigt, eine Scheidung der Spezies, verbietet sich demnach. Wir wollen nun versuchen, frei von aller histologischen Spekulation und gestützt auf die Tatsachen der Entwicklungsgeschichte diejenige Vererbungstheorie zu formulieren, die dem Forschen sich heute kundgibt.

Aus der Entwicklungsgeschichte tritt die elementare Erkenntnis hervor, daß, soweit Übereinstimmungen vorhanden sind, dieselben auf der Wirksamkeit eines innern Homologieprinzips beruhen, soweit Verschiedenartigkeiten bestehen, diese durch das Prinzip der spezifischen Relativität des Wachstums verursacht werden. Aus beiden Prinzipien fließen also zunächst nur generelle bezw. spezifische Merkmale (Übereinstimmungen oder Verschiedenheiten). Ein besonderes Prinzip als Grundlage individueller Übereinstimmungen, wie die heute herrschende Vererbungsanschauung es verlangen würde, können wir in der Entwicklungsgeschichte nicht entdecken. Es liegt aber auch kein Grund vor, die Basis der individuellen Übereinstimmungen in einem Prinzip zu suchen.

das nur innerhalb der Spezies wirkte, da diese Übereinstimmungen, wie wir wissen, auch in grundverschiedenen Spezies auftreten können. Mehr als spezifische Merkmale offenbart also die Entwicklungsgeschichte nicht, und hat auch die Chromosomentheorie keinesfalls aufgezeigt. Versuchen wir aber, tiefer in den Grund jener Übereinstimmungen einzudringen, die in den verschiedenen Spezies auftreten können, so berechtigt uns nichts, hier doch noch etwas zu entdecken, was mit dem, was gewöhnlich als Vererbungstendenz angesehen wird, verglichen werden dürfte. Allerdings entsprach es dem Ideengange Darwins, auch für die von ihm namhaft gemachten Fälle der analogen Variation das Prinzip der Abstammung zu retten; er meinte, die Glieder derselbe Klassen hätten unabhängig von ihrer direkten Erbschaft von einem gemeinschaftlichen Vorfahren so viel Gemeinschaft ererbt, daß sie unter ähnlichen Erregungsursachen in einer ähnlichen Weise zu variieren vermögen. „Es läßt sich ferner erwarten, daß die Arten derselben Sippe gelegentlich Reversionen zu längst verlorenen Charakteren zeigen werden; da wir aber den gemeinschaftlichen Ahnen irgend einer natürlichen Gruppe nicht kennen, so vermögen wir hier nicht zwischen Rückkehr und Analogie zu unterscheiden.“ Diese Deutung trifft mit einer im Anschluß an de Vries' „degressive Artbildung“ neuerdings vorgeschlagenen Erklärung der parallelen Anpassung zusammen. Mit dem genannten Begriffe bezeichnet de Vries eine Artentstehung, bei der es sich um das Aktivwerden latenter Merkmale handelt. Die aufgeworfene Zweifelsfrage, mit der man natürlich auch die reichste Kasuistik von Konvergenzerscheinungen in Frage stellen könnte, kann mit Sicherheit weder in dem einen, noch in dem andern Sinne entschieden werden. Auch andre Autoren haben die Gemeinsamkeit der Abstammung gleichsam als eine causa remotissima der Konvergenz zu Grunde gelegt. Ich glaube aber, es genügt doch, an die

neuere Entwicklung der Paläontologie zu erinnern, um die Willkürlichkeit einer solchen Annahme ein wenig schärfer hervortreten zu lassen. Ich halte die Hypothese für nicht ungerechtfertigt, daß der Grund der konvergenten Übereinstimmungen (die dann erblich werden können) eine latente Homologie ist, die neben der freien zur geeigneten Zeit wirksam werden kann, und ich glaube, daß sowohl die sogenannten Reversionen, als auch die Entstehung rudimentärer Organe sehr wohl diesem Prinzip zugerechnet werden dürfen. Man wird aber auch noch eine dritte Potenz in der Entwicklung der lebendigen Substanz annehmen müssen. Ich meine, daß die spezifische Gebundenheit, in der die lebendige Substanz sich befindet, und auch die Bindung durch die frei wirkende und latente Homologie — der Entwicklung überdies die Freiheit läßt, in gewissen, gleichsam zufälligen, Richtungen zu variieren, sich auszubilden und zurückzubilden, und auch, daß diese Bildungen der Vererbung unterliegen können.

Wir gelangen also dazu, von vier Entwicklungs-Zonen der lebendigen Substanz zu sprechen (wobei „Zone" uns keinen räumlichen, sondern einen dynamischen Begriff bedeutet):

1. eine primäre Homologie-Zone, die die Einheit der Organisation begründet;

2. eine Zone relativen Wachstums, die die spezifische Verschiedenheit der Organisation nach Geschwindigkeit und Richtung zeitlich und räumlich bedingt;

3. eine sekundäre Homologie-Zone, die die analoge Vereinheitlichung der Organisation ermöglicht;

4. eine Indifferenz-Zone, die gewissen Konvergenzen und Divergenzen Raum schafft.

Die fundamentale Tatsache, daß die spezifische Entwicklung eine Konstante ist, und daß die scheinbar nicht spezifischen, freigelassenen Entwicklungsweisen im Grunde doch von der spezifischen beherrscht werden, nennen wir

Vererbung und führen unsere Theorie als Theorie der spezifischen Vererbung ein.

Es ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, eine überaus große Anzahl von individuellen Übereinstimmungen, über die eine auf Tatsachen gegründete Theorie der Vererbung keinen Aufschluß geben kann, einem andren Prinzipe unterzuordnen. Dieser Aufgabe ist der folgende Teil gewidmet.

Wir können es uns nicht versagen, dieses Kapitel mit dem Hinweise darauf zu schließen, daß Darwin von einer dogmatischen Überschätzung des Vererbungsbegriffes weit entfernt war. Seine Bemerkung ist in diesem Punkte wirklich denkwürdig: „Wenn eine Strukturabweichung öfter erscheint und wir sehen sie in Vater und Kind, so können wir nicht sagen, ob nicht dieselben Ursachen auf beide eingewirkt haben. Wenn aber unter Einzelwesen, die ersichtlich denselben Verhältnissen ausgesetzt sind, zufolge außergewöhnlichen Zusammentreffens von Umständen, eine seltene Abweichung an einem Vater sichtbar wird, an einem unter Millionen Einzelwesen, und sie erscheint auch wieder an dem Kinde, so nötigt uns schon die Wahrscheinlichkeit, dieses Wiedererscheinen der Erblichkeit beizumessen.“ Darwin leitet also das Prinzip der Erblichkeit aus der Wahrscheinlichkeitserwägung ab, wie denn alle wirkliche Forschung die Exaktheit ihrer Ergebnisse auf nichts andres gründen kann, als auf die Wahrscheinlichkeitsrechnung. Diese Stellung Darwins zum Vererbungsproblem möge dazu dienen, uns in bezug auf die Reduktion des Vererbungsfaktors einigen Kredit zu gewähren. Die Wahrscheinlichkeit, daß den von der Abstammungslehre ins Auge gefaßten Beziehungen Deszendenz oder Vererbung zu Grunde liege, wird in dem Maße geringer werden, als es gelingen wird, den Geltungsbereich der analogen Konvergenz zu erweitern und namentlich die Tragweite der direkten Konvergenz überzeugend darzutun.

Siebentes Kapitel.

Das Prinzip der Homologie.

Inhalt.

Das Prinzip der Homologie, das uns durchweg aus empirischen Betrachtungen erwachsen ist, hat andrerseits, ebenso wie der Gedanke einer ideellen Stufenfolge der Formen, so sehr die Spekulation beschäftigt, daß wir nicht unterlassen dürfen, eine theoretische Grundlegung der Homologie wenigstens anzudeuten. Die Elemente zu einer solchen Theorie finden wir, merkwürdig genug, bei einem der entschiedensten Vertreter der Abstammungslehre, bei Ernst Häckel, und zwar in dessen „Genereller Morphologie", in der die Deszendenzlehre wohl mit der bedeutendsten theoretischen Schärfe dargelegt worden ist.

Um die gesuchte Grundlage zu gewinnen, muß man auf den viel gebrauchten und ebensoviel mißbrauchten Vergleich der Zellen mit den Kristallen zurückgehen. Es ist durchaus nicht irgend ein naturphilosophischer Epigone, der diesen Vergleich in die Biologie eingeführt hat, sondern kein geringerer Biologe als Theodor Schwann, und er findet sich in den „Mikroskopischen Untersuchungen", durch die Schwann 1839 die Gewebelehre im Sinne der Zellentheorie neu begründete. Schon dieser Umstand sollte dem Analogon, ob es auch oft genug unkritisch, unter einseitiger Betonung des wirklich Vergleichbaren und Außerachtlassung der trennenden Unterschiede, gehandhabt worden ist, den Anspruch auf eine gewisse Beachtung geben. Wenn man aber eine Vergleichung auch nur auf der allgemeinsten theoretischen

Grundlage zuläßt, so folgt mit unabweisbarer Notwendigkeit ein Gedanke, der für unsere Überlegungen wichtig ist. Gleichwie alle möglichen Kristallformen untereinander durch ein ideelles Grundgesetz derart verbunden sind, daß kraft des Grundgesetzes eben nur diese Formen und keine anderen möglich sind, so werden die von Zellen und Zellverbänden gebildeten Formen (auch wenn die Zelle sich vom Kristall nicht nur, wie Schwann meinte, durch die Imbibitionsfähigkeit unterscheiden sollte, wenn sie nur in bezug auf das Wesen ihrer Gesetzlichkeit mit dem Kristall verglichen werden darf) untereinander in einem organischen Grundgesetz derart zusammenhängen, daß die einen organischen Formen in der Natur möglich sind, die andern jedoch kraft des Grundgesetzes als unmöglich ausgeschlossen werden können.

Der Zusammenhang der organischen Formen in einem ideellen Grundgesetze ist die zulässige theoretische Grundlage der Homologie. Vor Häckel war der Stand der Frage nach der historischen Skizze, die er selbst gibt, folgender: Schon Bronn, Johannes Müller, Burmeister und G. Jäger haben versucht, die verwickelten Tierformen auf einfache geometrische Grundformen zurückzuführen. Die Botaniker sind auf die Frage nicht näher eingegangen. Schleiden, E. Mayer und Hugo v. Mohl haben in nur sehr allgemeiner Weise die Grundformen betrachtet (konzentrische, symmetrische und diaphorische Formen). Bei den Zoologen tauchte dagegen die Ansicht auf, daß man Bilateraltiere und Strahltiere als zwei Hauptgrundformen des Tierreichs unterscheiden könne. Zu den Bilateraltieren wurden die drei Stämme der Vertebraten, Artikulaten und Mollusken gerechnet, zu den strahligen Tieren die Echinodermen und Coelenteraten. Bronn hat zuerst die Axe des Tierkörpers hervorgehoben. Als wichtige Erörterungen über diesen Gegenstand sind noch zu nennen die Untersuchungen von

Johannes Müller „über den allgemeinen Typus der Echinodermen“ und von Fritz Müller „über die angeblich bilaterale Symmetrie der Rippenquallen“. „Johannes Müller stellt als ideale Grundform der Echinodermen eine Kugel auf, die eine bestimmte Axe mit zwei verschiedenen Polen und eine bestimmte Meridianebene besitzt, durch welche sie in zwei symmetrisch gleiche Teile zerfällt, sowie fünf Radialfelder, durch welche ihre Oberfläche in ein Bivium und ein Trivium zerfällt.“ Häckel berichtigt diese Anschauung dahin, daß dies in Wahrheit keine Kugel, sondern eine halbe zehnseitige amphitekte Pyramide sei und knüpft daran die Bemerkung: „Immerhin sind die trefflichen Bemerkungen von Fritz Müller über die Grundformen der Rippenquallen und von Johannes Müller über die Grundformen und die Homologien der Echinodermen sehr zu beachten, schon allein deshalb, weil sie das notwendige Ziel einer schärferen stereometrischen Erkenntnis der organischen Formen richtig erkannten und dasselbe in der festen Bestimmung einer allgemeinen Grundform suchten, wenn sie es auch nicht erreichten. Es ist dies umsomehr anzuerkennen, als sich die meisten Morphologen bisher der Erkenntnis dieses Zieles verschlossen und, statt danach zu streben, die organischen Formen mit der größten Willkürlichkeit bezeichnet haben.“

Seinem im 13. Kapitel der „Generellen Morphologie“ ausgearbeiteten System der organischen Grundformen, das bei weitem nicht die ihm gebührende Beachtung gefunden hat, läßt Häckel promorphologische Thesen folgen, von denen einige das Wesen seiner Anschauungen und Ergebnisse treffend wiedergeben dürften: „Die äußere Form jedes organischen Individuums ist immer ebenso gesetzmäßig wie diejenige jedes anorganischen Individuums und daher einer mathematischen Erkenntnis (Ausmessung und Berechnung) zugänglich. Jedoch lassen sich in dieser Beziehung bei den organischen ebenso wie bei den anorganischen Individuen

zwei Hauptgruppen von Formen unterscheiden, individuelle Formen, nämlich mit und ohne feste stereometrisch bestimmte Grundform. Diejenigen individuellen Naturkörper, welche eine mathematisch bestimmbare Fundamentalform besitzen, können wir allgemein als Axenfeste (Axonia) bezeichnen, weil diese Fundamentalform, die Promorphe oder stereometrische Grundform, bestimmt wird durch das gesetzmäßige Verhältnis der einzelnen Körperteile zu einer oder mehreren festen Axen und deren beiden Polen. Diejenigen individuellen Naturkörper, welche eine solche mathematisch bestimmbare Fundamentalform oder Promorphe nicht erkennen lassen, können im Gegensatz zu den Axenfesten als Axenlose oder Anaxonien bezeichnet werden. Die Promorphe oder die stereometrische Grundform der Axenfesten ist nur sehr selten mathematisch rein in den axonien Individuen realisiert; gewöhnlich ist sie unter mehr oder weniger bedeutenden individuellen Formeigentümlichkeiten und insbesondere unter verschiedenen Anpassungsmodifikationen der Oberfläche versteckt. . . Die stereometrische Grundform oder die Promorphe jedes organischen Individuums drückt alle wesentlichen und die allgemeine Gestalt bestimmenden Lagerungsverhältnisse ihrer konstituierenden Bestandteile mit mathematischer Sicherheit ganz ebenso wie bei den individuellen Kristallen aus. Jede wissenschaftliche Darstellung einer individuellen organischen Form hat zunächst die Aufgabe der Erkenntnis ihrer stereometrischen Grundform, an welche sich dann die detaillierte Beschreibung, Ausmessung und Berechnung, ebenso wie dies bei den Kristallindividuen geschieht, anzuschließen hat."

„Merkwürdig genug", sagten wir, als wir erwähnten, daß gerade der hervorragendste Vertreter der Abstammungslehre der Begründer der geistvollen organischen Stereometrie ist. Es zeigt sich nämlich hier, daß, als die Abstammungsidee in Häckel bereits Wurzel gefaßt hatte, eine

andre in ihm heraufkam, die, wenn sie früher gefaßt und zu Ende gedacht worden wäre, wohl geeignet war, der Abstammungslehre und dem Darwinismus den Raum zu nehmen. Denn die Anschauung von durch ein Grundgesetz miteinander verbundenen, in ihrem Wechsel und Wandel durch das Grundgesetz dirigierten. Formen mußte folgerichtig einer rationellen, nicht aber einer historischen Organisationslehre zuführen. Wie es keinen wissenschaftlichen Sinn haben kann, von einer Genealogie der Kristalle zu sprechen, ist in einer rationellen Organisatorik der Lebewesen für den Abstammungsgedanken kein Raum. Kristallen und Zellen wie Zellverbänden kann zusammen mit der rationell bedingten Gestalt wohl eine in ihr sich ausprägende, immanente, dagegen keine historisch gewordene Finalität zugeteilt werden. Im übrigen wollen wir die rationelle Organisationslehre hier nur andeuten; wir halten es für zweckmäßiger, sie im erkenntnistheoretischen Teile dieser Arbeit wiederaufzunehmen (Kapitel 12).

Achtes Kapitel.

Das Prinzip der Analogie.

Inhalt.

Bei der gründlichen Naturbetrachtung, die Darwin den Ruhm eines der größten Naturforscher erhalten wird, auch wenn seine Lehre aufgegeben würde, kann es nicht fehlen, daß er dem Prinzip der Analogie eine weitgehende Beachtung schenkte. Zwischen wirklicher Verwandtschaft und analoger oder adaptiver Ähnlichkeit besteht nach Darwin ein wichtiger Unterschied. „Lamarck war es, der zuerst auf diesen Gegenstand aufmerksam machte, und ihm folgten dabei in geschickter Weise Macleay und andre. Die Ähnlichkeit der Körperform und der vorderen ruderartigen Gliedmassen, die zwischen Dugong und Wal besteht, sowie zwischen diesen zwei Ordnungen Säugetiere und Fische, ist eine analoge. So verhält es sich auch mit der Ähnlichkeit zwischen Maus und Spitzmaus (Sorex), die verschiedenen Ordnungen angehören, und mit der noch genaueren Ähnlichkeit, die, wie Mivart behauptet, zwischen der Maus und einem kleinen Beuteltiere (Antechinus) Australiens besteht. Diese letztere Ähnlichkeit scheint mir der Adaption für ähnliche Bewegungen durch Dickicht und Kräuter, verbunden mit Verbergen vor den Feinden, beizumessen zu sein. Bei den Insekten gibt es zahlreiche ähnliche Beispiele. Linné mochte, von Äußerlichkeiten mißleitet, tatsächlich ein homopteres Insekt den Motten zuteilen. Gleichartiges sehen wir selbst bei unseren Hausvarietäten, so die überraschend ähnliche Körperform der verbesserten Rassen chinesischer Schweine und des gewöhnlichen Schweins, die von unterschiedlichen Arten abstammen; ferner die Ähnlichkeit des verdickten Stiels der

gemeinen und der von dieser spezifisch verschiedenen schwedischen Rübe. Die Ähnlichkeit zwischen Windspiel und Rennpferd ist kaum phantastischer, als es die Analogien sind, die von einigen Fachleuten zwischen grundverschiedenen Tieren dargestellt wurden. Nach der Ansicht, daß Charaktere für die Einteilung nur insofern von wirklicher Bedeutung sind, als sie die Abstammung enthüllen, begreifen wir deutlich, warum analoge oder adaptive Charaktere, die für die Wohlfahrt des Wesens von äußerster Wichtigkeit, für den Systematiker aber fast wertlos sind. Denn Tiere, die zwei vollkommen unterschiedlichen Abstammungslinien angehören, mögen unter ähnlichen Bedingungen angepaßt werden und daher eine starke äußerliche Ähnlichkeit aufweisen, die jedoch keine Blutsverwandtschaft enthält, viel eher geeignet ist, ihre Blutsverwandtschaft zu verbergen. Wir verstehen daher das scheinbare Paradoxon, daß genau dieselben Charaktere analog sind, wenn eine Gruppe mit der anderen verglichen wird, aber echte Verwandtschaften bekunden, wenn die Glieder derselben Gruppe miteinander verglichen werden. Demnach sind Körperformen und ruderartige Gliedmassen nur dann analog, wenn Wale mit Fischen verglichen werden, da sie in beiden Klassen eine Adaption zum Schwimmen im Wasser sind. Aber zwischen den verschiedenen Gliedern der Walfamilie bieten Körperform und ruderartige Gliedmassen Charaktere echter Verwandtschaft; und da diese Eigenschaften in der ganzen Walfamilie so besonders ähnlich vorhanden sind, können wir nicht bezweifeln, daß sie von einem gemeinschaftlichen Vorfahren ererbt wurden. So ist es auch mit den Fischen.“

Es tritt hier klar hervor, daß die Unterscheidung zwischen Blutsverwandtschaft und analoger Ähnlichkeit eine wirkliche Schwierigkeit enthält. Aus der Schwierigkeit der Unterscheidung zwischen Arten und Varietäten hat Darwin den Schluß auf die Deszendenz gezogen; zu welchem Schlusse wäre

er gelangt, wenn er auch der Schwierigkeit, zwischen Deszendenz und Konvergenz zu unterscheiden, konsequent nachgegangen und nicht bei der ersten Aporie stehen geblieben wäre?

Die heutigen biologischen Wissenschaften bieten der zukünftigen Konvergenzlehre schon jetzt einen überaus reichen Stoff. Wir erinnern an die Paläontologie, deren Ausgiebigkeit wir im kritischen Teile andeuten konnten. Die Fülle des Stoffes in der Zoologie und in der Botanik fördert von Tag zu Tag die Notwendigkeit einer grundsätzlichen Behandlung der Konvergenztatsachen. Aus der Menge der einzelnen Gesichtspunkte scheiden sich immer klarer solche von prinzipieller Bedeutung aus, so etwa die Lehre von der Färbung und von den morphologischen Anpassungscharakteren. Im übrigen führt die Verfolgung der Konvergenztatsachen vom Besondersten ins Allgemeinste hinein. Eine systematische Zusammenfassung der Tatsachen vermissen wir empfindlich; wir können sie kaum noch länger entbehren. Für die Aufgabe, die wir uns hier gestellt haben, ist jedoch eine noch so reiche systematisch geordnete Tatsachenmenge nicht so entscheidend, wie die Freilegung der Zentren der Deszendenzlehre und eine immerhin auf einer genügend breiten empirischen Unterlage stattfindende Erörterung hierüber. Doch wollen wir einige bekannte und weniger bekannte Paradigmata, von denen jedes eine besondere Richtung des Problems andeuten mag, aus der neueren zoologischen und botanischen Forschung anführen. Im übrigen erinnern wir an die durch das ganze Buch verstreuten Beispiele für die verschiedenen konvergenten Bildungen, an das, was wir über die Konvergenzneigung des Äußeren der Organe und Apparate gesagt haben, und heben noch hervor, daß wir auch über unabschätzbare, und darum für das Problem besonders wichtige, Einfluß-Differentiale ein Wort zu sagen bereits Gelegenheit hatten, zum Teil noch finden werden.

Allbekannt ist, daß Artemia salina, eine von Schmanke-

witsch, Heymons und Samter untersuchte Crustacee, im Laufe mehrerer Generationen den morphologischen Charakter der Spezies A. Mühlhausenii annimmt, wenn die Konzentration des Salzes gesteigert wird. Es läßt sich auch dartun, daß bei abnehmender Konzentration der umgekehrte morphologische Vorgang stattfindet. A. Mühlhausenii lebt in einem Salzsee in der Krim. Nach einem sehr schneereichen Winter wurden, offenbar infolge der starken Verdünnung des Salzwassers, viele Übergangsformen zu der als A. salina beschriebenen Art gefunden. Wird A. salina in Salzwasser von abnehmender Konzentration gezüchtet, so tritt ein wohl noch mehr bemerkenswerter Vorgang ein. Dann findet eine allmähliche Verwandlung in die Gattung Branchipus statt. An Stelle der acht fußlosen Abdominalsegmente der Artemien treten neun fußlose Segmente auf; während bei den Artemien das letzte Segment ungefähr zweimal länger ist, als das vorletzte, wird es nunmehr dem vorletzten gleich. Die früher wenig entwickelte und meist konisch oder stilettförmig geästete Abdominalgabel wird stark entwickelt, und ihre Äste sind plattenartig gestaltet. Umgekehrt erwirbt der Süßwasserkrebs Branchipus in salzreichen Medien den morphologischen Charakter von A. salina. Wir können also in den erwähnten Fällen das Divergieren bezw. Konvergieren verschiedener Arten unter dem Einfluß gewisser äußerer Bedingungen direkt beobachten, und das Paradigma gewinnt vielleicht besonders an Wert dadurch, daß Branchipus zugleich mit der neuen Form auch eine fundamentale neue Eigenschaft erwirbt, die Fähigkeit parthenogenetischer Entwicklung. Wir hätten somit ein Beispiel sehr weitgehender Variabilität und Konvergenz. Doch bin ich nach Erwägung einiger Tatsachen nicht geneigt, dem Beispiele die Bedeutung beizumessen, die es auf den ersten Blick beanspruchen zu dürfen scheint. Denn die befruchtungs-physiologische Metamorphose löst sich nach den Forschungen von Löb in die

Kategorie einer viel allgemeineren Erfahrung auf, und es bleibt kaum noch eine sicher deutbare Beziehung zu unserem Probleme übrig. Auch ist es mir nicht sicher, daß die als Folge veränderten osmotischen Druckes eintretenden morphologischen Veränderungen, die auch an Daphnien und Cardium-Varietäten beobachtet sind, im Grunde keine Verkümmerungserscheinungen sind. Cuénot hat diese Ansicht ausgesprochen, doch nimmt er Artemia aus. Auf Grund aller von uns gemachten Erfahrungen, namentlich der entwicklungsgeschichtlichen, glauben wir jedoch, daß dieser Verdacht immer da besteht, wo in einer Generationsfolge eine scheinbar spezifische Änderung auftritt. Vielleicht trifft auch Doflein das richtige, wenn er die verschiedenen Formen von A. salina für Standortsvarietäten hält. Allerdings deckt sich diese Bezeichnung nicht ganz mit dem, was man gewöhnlich unter Standortsvarietäten versteht, und sie entbehrt auch des neuen begrifflichen Moments, das ihr durch unser Prinzip der direkten Konvergenz zuteil werden wird. Es bleibt aber die Gewißheit, daß die Crustaceen eine außerordentliche Fähigkeit zur Variabilität und infolge davon auch zur Konvergenz besitzen. Diese Fähigkeit gibt sich auch, wie wir uns erinnern, hinsichtlich der Blutzusammensetzung kund.

Doflein hat die Augen der Tiefseekrabben untersucht. Während Weismann die Verkümmerung der Augen bei Tiefseeformen auf Grund der Panmixie und der Germinalselektion erklärt, Semper, Eimer und andre eine direkte Bewirkung des Lichtmangels annehmen, hält Doflein diese Theorien für viel zu allgemein. Er betont die Notwendigkeit, genau den Bau der Sehorgane und ihre Beziehungen zum Aufenthaltsorte zu untersuchen. Beobachtungen an Cymonomus granulatus haben Anhaltspunkte für die verschiedene Einwirkung verschiedener Aufenthaltsorte auf Individuen derselben Art ergeben. „Wir haben also in zwei Fällen konstatieren können, daß die Augen bei der gleichen

Art eine größere Rudimentierung in großer Tiefe aufweisen als in geringer Tiefe. Während diejenigen, welche sich bisher eine Ansicht über ähnliche Befunde bildeten, meist wohl die von mir konstatierte Tatsache so erklären würden, daß es sich um zwei konstante Varietäten handle, die durch selektive Vorgänge irgendwelcher Art entstanden wären, habe ich mich für eine andre, vorläufig hypothetische Anschauung entschlossen und unter den Gründen, die mich zu ihr leiteten, möchte ich den hier voranstellen, daß sie eine experimentelle Prüfung ihrer Richtigkeit zuläßt. Ich fasse nämlich die beiden Formen als Standortsvarietäten einer Art auf." Doflein denkt dabei nicht durchaus an den Lichtmangel, sondern eben an gewisse charakteristische Einflüsse des Orts. Denn die Erklärung aus einer direkten Bewirkung des Lichtmangels begegnet der unüberwindlichen Schwierigkeit, daß an den Stellen gleicher Dunkelheit, an denen blinde Formen vorkommen, auch Tiere mit wohlentwickelten Augen vorhanden sind. Wir werden uns an diese Tatsache erinnern müssen, so oft wir der rudimentären Organe gedenken, deren Vorhandensein als ein sehr wesentliches Argument für die Deszendenztheorie betrachtet wird. Zum Teil werden die in der Ontogenie auftretenden Rudimente aus dem Prinzip der Homologie zu erklären sein. Es ist nun wichtig, weiter zu erkennen, daß die Rudimentierung der Organe auch aus der Analogie fließen kann, in jedem Falle aus einer Ursachenquelle, in der bei unbefangener Anschauung das vermittelnde Element der Abstammung nicht zu sehen ist. Es ist nur die Befangenheit in der Abstammungslehre, die uns zwingt, die Rudimente als Rückbildungen anzusehen: sie dürften aber weder Rück- noch Hemmungsbildungen, sondern einfach Bildungen sein, die soweit gediehen, als das ihnen zu Grunde liegende Formgesetz und die äußeren zureichenden Bedingungen es zuließen. Doch will ich zugeben, daß es in dem angezogenen Beispiele

doch den Anschein hat, als müßte man, wie auch Doflein tut, in irgend einer Weise auf das Licht als die Bewirkungsursache zurückgehen. Nur ist dieses Zurückgehen bereits hypothetisch, während das Vorkommen blinder und wohlsehender Formen an Stellen gleicher Dunkelheit eine Tatsache ist. Und darum scheint mir dieser Fall geeignet, auch wenn er selbst schließlich eine andre Erklärung zulassen oder gar erfordern würde, das Verständnis für eine andre und objektive Betrachtung der rudimentären Organe zu erschließen.

Ein System der Konvergenztatsachen wird deren Mannigfaltigkeit nach zwei Leitlinien zu durchqueren haben. Es wird einerseits die äußeren Bedingungen zum Einteilungsprinzip ausersehen und deren Konvergenzwirkungen erforschen, anderseits wird es die Merkmale vorausnehmen und die Bedingungen studieren, von denen dieselben erzeugt werden. Die Rotfärbung stellt sich häufig als eine in ihrer Ursächlichkeit mehrdeutige Konvergenzerscheinung dar. Sind die Blüten von Aloë-Arten intensiver Beleuchtung ausgesetzt, so färben sich die Chlorophyllkörner rot. Das Gleiche geschieht unter der gleichen Bedingung bei Selaginella-Arten. Das Rot wird in beiden Fällen durch ein Carotin verursacht. Außer dieser von Molisch beschriebenen Beziehung dürfte noch eine andre erwähnenswert sein, über die Weinzierl berichtet. Das Rot tritt oft als Merkmal des Variierens von Pflanzen der Ebene auf, wenn sie in die alpine Region versetzt werden. Arrhenaterum elatius (Saatgut aus Frankreich und Steiermark) zeigte schon in der ersten Generation, deutlicher im Nachbau, purpurrote Halmknoten. Bei Festuca pratensis wiesen von der zweiten Generation an 50—60% der Halme einseitig violett überlaufene Internodien und ebenso gefärbte Knoten auf; 25% zeigten violett überlaufene Spelzen. Bei aus Samen aus dem Ennstale gezogenen Formen war die Rotfärbung, auch der Spelzen, konstant. F. heterophylla zeigte von der zweiten Generation an rötlich

gefärbte Spelzen, F. arundinacea (aus dem Eherntale bei Hallstadt) rotviolette Knoten und Spelzen. An Bromus erectus wurden die Knoten rot, die Spelzen schwachviolett.

Überhaupt sind in der Botanik sehr exakte einschlägige Forschungen in vollem Gange. Als Muster einer solchen verdient die Untersuchung Mc. Callums über Proserpinaca palustris, eine Sumpfpflanze aus der Familie der Halorrhagidaceen, genannt zu werden. Diese Pflanze hat — unter dem Einflusse der verschiedenen Medien entstandene — Luft- und Wasserblätter. Die Luftblätter sind lanzettlich mit gezähntem Rande, die Wasserblätter kammförmig gefiedert. Es steht nun fest, daß die genannten äußeren Faktoren in der Tat die gestaltenden sind. Wurden die Pflanzen in fast wasserdampfgesättigter Luft gezogen, so erhielt Mc. Callum stets typische Wasserblätter; in weniger feuchten Räumen entstanden entsprechende Zwischenformen bis zu Luftblättern. Dagegen ist der Wechsel von Beleuchtung, Temperatur, Sauerstoff- und Kohlensäuregehalt des umgebenden Mediums, wie auch der Kontakt des Wassers mit den Blattanlagen, ohne Bedeutung für die Gestaltung der Blätter von P. palustris.

Die Abhängigkeit der Pilzformen vom Substrat ist jetzt klar erkannt. Die morphologischen Verschiedenheiten hatten die irrtümliche Aufstellung neuer Gattungen und Arten veranlaßt. Höhnel hat sich um die Aufzeigung der mykologischen Irrtumsquellen verdient gemacht.

Noch sei einiger methodischer Hauptarbeiten gedacht. Vöchting, Göbel und andre haben über die Umwandlung verschiedener Sproß- und Blattformen ineinander Untersuchungen angestellt. Im Anschluß an seine Forschungen über die Abhängigkeit der Fortpflanzungsart bei Thallophyten von äußeren Faktoren hat Klebs Untersuchungen über die Beeinflussung der ontogenetischen Entwicklung von Blütenpflanzen in Angriff genommen.

Neuntes Kapitel.

Das Prinzip der direkten Konvergenz.

Inhalt.

Die Beobachtung gewisser Tatsachen in der Verteilung der organischen Wesen Südamerikas bildete nach Darwins Mitteilung den Ausgangspunkt seiner Anschauungen von der Entstehung der Arten. Eine dieser Tatsachen, die Verwandtschaft zwischen den Arten der Inselbewohner und denen des nächsten Festlands, ohne daß sie genau dieselben wären, nimmt denn auch in der Begründung seiner Anschauung die entscheidende Stelle ein; er nennt sie die schlagendste und wichtigste Tatsache. Wir sind dagegen überzeugt, daß das eindringende Studium dieses ganzen Gegenstandes der geographischen Verbreitung der Fauna und Flora mit besonderer Berücksichtigung der auch von Darwin in den Vordergrund gestellten Tiere und Pflanzen der Galapagosinseln entscheidende Erkenntnisse zu Tage fördert, die der Deszendenztheorie gefährlich werden, der Konvergenztheorie aber eine feste Stütze schaffen und besonders einen neuen wichtigen Gesichtspunkt, vielleicht den allerwichtigsten, darbieten. Wegen der Erheblichkeit dieser Betrachtung sei vor allem die von Darwin in zwei Kapiteln seines Hauptwerkes niedergelegte Beweisführung wiedergegeben, ohne Zerstückelung, damit der immerhin mächtige Zauber der Beweisführung auf den Leser ganz wirken möge.

Darwin knüpft an drei Grundtatsachen an.

Die klimatischen und andren physikalischen Bedingungen können weder die Ähnlichkeit noch die Unähnlichkeit der

Bewohner verschiedener Gebiete erklären. Von den mittleren Teilen der Vereinigten Staaten bis zum äußersten südlichen Punkt des amerikanischen Kontinents herrschen die mannigfaltigsten Bedingungen, sodaß es kaum eine klimatische oder eine andre Bedingung in der alten Welt gibt, die in der neuen keine Parallele fände, „so ähnlich wenigstens, als es dieselben Arten gewöhnlich erfordern.“ Es gibt in der alten Welt Stellen, die heißer sind als irgend eine der neuen; doch zeigt ihre Fauna keinen Unterschied gegenüber derjenigen der benachbarten Gegenden. „Es ist ein seltener Fall, eine Organismengruppe zu finden, die auf ein kleines Gebiet mit auch nur etwas eigentümlichen Lebensbedingungen beschränkt wäre.“ Trotz des allgemeinen Parallelismus in den Bedingungen der alten und neuen Welt sind nun aber deren lebende Bewohner grundverschieden. Landstrecken in Australien, Südafrika und im westlichen Südamerika, zwischen dem 25. und 35. Breitegrade gleichen einander sehr „in allen ihren Bedingungen“, und doch sind ihre Faunen und Floren äußerst unähnlich; umgekehrt sind die Produkte Südamerikas vom 35. Breitegrade von denen des 25., trotzdem die durch den Raum von 10 Breiten geschiedenen Bedingungen beträchtlich verschieden sind, unvergleichlich weniger verschieden, als von den Produkten Australiens und Afrikas unter denselben Klimaten. Auch hinsichtlich der Meeresbewohner ließen sich analoge Tatsachen anführen.

Als zweite Grundtatsache bezeichnet Darwin die Beziehung der erwähnten augenfälligen Differenzen zu sichtlichen Hindernissen freier Wanderung. Auf den Kontinenten sehen wir auf den entgegengesetzten Seiten hoher Bergketten, größerer Wüsten und selbst größerer Flüsse verschiedenartige Erzeugnisse; immerhin sind diese Differenzen geringer als die, welche durch Meere geschiedene Kontinente kennzeichnen, „da Bergketten, Wüsten usw. nicht so unüberschreitbar sind, oder auch nicht solange bestehen, wie die

Kontinente trennenden Meere.“ Im Meere selbst aber finden wir dasselbe Gesetz. „Die Seebewohner der östlichen und westlichen Küsten Südamerikas sind sehr unterschiedlich, einige wenige Konchylien, Krustentiere und Echinodermen ausgenommen. Dr. Günther hat jedoch kürzlich nachgewiesen, daß mehr als 30 Prozent der Fische auf beiden Seiten des Isthmus von Panama gleich sind, eine Tatsache, die manche Naturforscher zu der Meinung führte, der Isthmus habe früher offen gestanden. Westlich der Küsten Amerikas dehnt sich ein weiter offener Ozean aus, der nicht eine Insel als Raststelle für Auswanderer bietet. Hier haben wir eine andersartige Schranke; und sobald diese überschritten ist, zeigt sich uns auf den östlichen Inseln des großen Ozeans eine andre total verschiedene Fauna. So verbreiten sich also drei Meeresfaunen in parallelen Linien nicht weit von einander unter entsprechenden Klimaten fern nach Norden und Süden. Da sie jedoch durch unüberwindliche Schranken zu Land oder zu Meer voneinander getrennt sind, so sind sie fast ganz verschieden. Gehen wir aber andrerseits von den östlichen Inseln im tropischen Teile des großen Ozeans westwärts, so treffen wir keine unübersteigbaren Schranken, jedoch zahllose Inseln als Raststellen oder zusammenhängende Küsten, bis wir nach Umwanderung der Hemisphäre zu den Küsten Afrikas kommen; und in diesen weiten Flächen finden wir keine wohlausgeprägte unterschiedliche Seefauna mehr.“

„Eine dritte große Tatsache ist die Verwandtschaft der Produkte eines Kontinentes oder eines Meeres, obgleich die Arten selbst in verschiedenen Punkten und Stationen unterschiedlich sind. Es ist dies ein sehr allgemeines Gesetz, wovon jeder Kontinent zahllose Beispiele bietet. Nichtsdestoweniger wird der Naturforscher, wenn er z. B. von Nord nach Süd reist, stets von der Art und Weise überrascht werden, in welcher sukzessive Gruppen von Wesen, die, ob-

gleich nahe verwandt, spezifisch doch verschieden sind, einander ersetzen. Er hört von eng verwandten, jedoch unterschiedlichen Vögeln fast gleichen Sang, er sieht ihre Nester ähnlich, aber nicht ganz gleich gebaut und ihre Eier fast in derselben Weise gefärbt.“

Aus diesen Tatsachen folgert Darwin das Vorhandensein eines „tiefliegenden organischen Bandes durch Raum und Zeit über dieselben Gebiete, Land und Wasser, unabhängig von physikalischen Bedingungen“, des Bandes der Erblichkeit, der „einzigen Ursache, soweit wir sicher wissen, die gleiche Organismen hervorbringt oder ähnliche, wie wir es bei den Varietäten sehen.“ Die Unähnlichkeit der Bewohner verschiedener Regionen mißt Darwin den Abänderungen durch Variation und natürliche Zuchtwahl bei, in untergeordnetem Grade auch dem Einfluß verschiedener physikalischer Bedingungen.

Bei Besprechung der Frage, ob Arten an einer oder an mehreren Stellen der Erde erschaffen worden sind, bemerkt Darwin: „Zweifellos gibt es so manche Fälle, wo es äußerst schwierig zu begreifen ist, wie eine Art von irgend einem Punkte aus nach den verschiedenen fernen und isolierten Punkten, wo sie jetzt gefunden werden, auswandern konnten. Nichtsdestoweniger nimmt die Einfachheit der Ansicht, daß jede Art ursprünglich nur an einem einzigen Orte hervorgebracht wurde, die Meinung gefangen. Wer sie verwirft, verwirft auch die vera causa der gewöhnlichen Zeugung mit nachfolgender Wanderung, um zu einem Wunder seine Zuflucht zu nehmen.“

Auch noch eine andre Bemerkung Darwins wird für uns in Betracht fallen: „Einige wenige Familien, sehr viele Sippen und eine noch größere Zahl von Sippenabteilungen sind auf ein einziges Gebiet beschränkt, und verschiedene Naturforscher haben die Beobachtung gemacht, daß die meisten natürlichen Sippen oder diejenigen Sippen, deren

Arten am engsten miteinander verwandt sind, gewöhnlich auf dasselbe Gebiet beschränkt sind, oder, wenn sie stark verbreitet sind, ihr Verbreitungsgebiet ein zusammenhängendes ist.“

Einen besonderen Einfluß auf die Zerstreuung mißt Darwin der Eisperiode bei. „Es ist in der Tat merkwürdig, daß soviele Pflanzen derselben Art ebenso auf den schneeigen Gipfeln der Alpen und Pyrenäen wie im äußersten Norden Europas vorhanden sind. Aber noch merkwürdiger ist es, daß die Pflanzen der White Mountains der Vereinigten Staaten dieselben sind, wie die in Labrador, und fast gleich — wie Asa Gray berichtet — mit denen, die auf den höchsten Gipfeln Europas zu finden sind. Schon im Jahre 1747 führten derartige Tatsachen Gmelin zu dem Schlusse, daß dieselbe Art unabhängig voneinander an verschiedenen Orten erschaffen worden sein müsse; und wir ständen vielleicht noch bei dieser Meinung, wenn nicht Agassiz und andre unsere Aufmerksamkeit auf die Eisperiode gelenkt hätten, die, wie wir gleich sehen werden, diese Tatsachen sehr einfach erklärt. . . Wenn die Kälte naht und die südlicheren Zonen für die Bewohner des Nordens geeigneter werden, nehmen diese die Stellen der früheren Bewohner gemäßigter Regionen ein. Letztere werden gleichzeitig immer südlicher ziehen, wofern sie nicht auf Hindernisse stoßen, die ihnen verderblich sind. Die Berge werden sich mit Schnee und Eis bedecken, und ihre früheren Bewohner steigen in die Ebene herab. Erreicht die Kälte ihren Höhestand, so werden wir eine arktische Fauna und Flora haben, die in Mitteleuropa im Süden bis zu den Alpen und Pyrenäen, ja selbst bis nach Spanien sich erstreckt. Die jetzt gemäßigten Regionen der Vereinigten Staaten werden gleichfalls mit arktischen Pflanzen und Tieren bedeckt sein, fast von denselben Arten wie die Europas; denn die gegenwärtigen Polarbewohner, von denen wir annehmen, daß sie überall nach

Süden zogen, sind rund um den Pol merkwürdig einförmig. Wenn die Wärme zurückkehrt, so werden die arktischen Formen wieder nach Norden ziehen, dicht gefolgt von den Produktionen der gemäßigten Gebiete. Und wenn der Schnee an dem Fuße des Gebirges schmilzt, werden die arktischen Formen von dem entblößten und aufgetauten Boden Besitz nehmen und mit Zunahme der Wärme und Schmelzen des Schnees immer höher steigen, während ihre Brüder in der Ebene ihren Zug nach Norden fortsetzen. Sobald daher die Wärme ganz zurückgekehrt ist, werden dieselben Arten, die jüngst noch in den Tiefländern Europas und Nordamerikas vorhanden waren, wieder nur in den arktischen Gegenden der alten und neuen Welt zu finden sein, sowie auf isolierten Berghöhen, weit entfernt von einander."

In dem Abschnitt über die Bewohner der Meeresinseln stellt Darwin einige gleichsam gesetzmäßige Tatsachen fest. „Die verschiedenen Arten, welche Meeresinseln bewohnen, sind nur gering an der Zahl, verglichen mit denen von gleich großen kontinentalen Strecken. Alph. de Candolle hat dies für Pflanzen, Wollaston für Insekten festgestellt. Neuseeland z. B. mit seinen hohen Bergen und mannigfaltigen Stationen dehnt sich, die Vorinseln Auckland, Campbell und Chatham zugerechnet, 780 englische Meilen in der Breite aus und zählt dabei zusammen 960 Arten Blütenpflanzen. Vergleichen wir die bescheidene Ziffer mit der der Arten, die über ein gleich großes Gebiet von Südwestaustralien oder vom Kap der guten Hoffnung verbreitet sind, so müssen wir zugeben, daß irgend eine von physikalischen Bedingungen unabhängige oder verschiedene Ursache diese große Zahlendifferenz erstehen ließ. Selbst die gleichförmige Grafschaft Cambridge in England hat 847 Pflanzenarten und die kleine Insel Anglesea 764, wobei allerdings einige wenige Farnkräuter und eingeführte Pflanzen mit inbegriffen sind, und die Vergleichung auch in manchen andern Beziehungen

nicht ganz richtig ist." Ferner: „Obgleich auf den Meeresinseln die Arten gering an der Zahl sind, ist doch das Verhältnis der endemischen Arten, das heißt solcher, die sonst nirgends in der Welt vorkommen, oft außerordentlich groß. Vergleichen wir z. B. die Anzahl der endemischen Landkonchylien von Madeira oder die endemischen Vögel des Galapagos-Archipels mit der Anzahl derer, die auf irgend einem Kontinente vorhanden sind, und ziehen wir dabei den Umfang des Gebietes in Betracht, so werden wir die Richtigkeit dessen erkennen."

Eine weitere Eigenheit der Meeresinseln ist, daß sie zuweilen unvollständig in Tieren gewisser ganzer Klassen sind, deren Stellen von andren Klassen eingenommen werden. „So nehmen oder nahmen noch jüngst auf den Galapagosnseln Reptilien, auf Neuseeland riesige flügellose Vögel die Stelle der Säugetiere ein. Obgleich hier von Neuseeland als einer ozeanischen Insel die Rede ist, ist es doch einigermaßen zweifelhaft, ob sie dafür gelten darf; sie ist recht groß und von Australien durch kein tiefes Meer geschieden. Nach ihrem geologischen Charakter und der Richtung ihrer Bergketten urteilend, behauptete jüngst Rev. Clarke, diese Insel wie auch Neukaledonien seien als Zubehör von Australien zu betrachten. Wenden wir uns den Pflanzen zu, so sehen wir, wie Hooker zeigte, daß auf den Galapagosinseln das Zahlenverhältnis der verschiedenen Ordnungen von dem an andren Orten stark abweicht. Alle solche Zahlenunterschiede und die Abwesenheit gewisser ganzer Tier- und Pflanzengruppen werden gewöhnlich angenommenen Unterschieden der physikalischen Bedingungen der Insel zugeschrieben: doch diese Erklärung ist nicht wenig zweifelhaft. Die Leichtigkeit der Einwanderung scheint genau so wichtig, als die Beschaffenheit der Verhältnisse gewesen zu sein." Hierzu betont Darwin, daß er sorgfältig die ältesten Reiseschriften durchsucht und kein einziges unzweifelhaftes Bei-

spiel gefunden habe, wonach Landsäugetiere, die von den Eingeborenen gehaltenen Haustiere ausgenommen, eine von einem Kontinent oder von einer großen kontinentalen Insel mehr als 300 englische Meilen entfernte Insel bewohnen. Er bringt diese Tatsache damit in Zusammenhang, daß kein Landsäugetier über weite Seeflächen wandern kann. Fledermäuse könnten hinüberfliegen, und so hat denn auch Neuseeland Fledermäuse, wie denn überhaupt fliegende Säugetiere fast auf jeder Insel vorhanden sind.

Die schlagendste und wichtigste Tatsache ist für Darwin dann die Verwandtschaft zwischen den Arten der Inselbewohner und denen des nächsten Festlandes, ohne daß sie genau dieselben wären. „Zahlreiche Beispiele könnten angeführt werden. Die unter dem Äquator liegenden Galapagosinseln befinden sich etwa 500—600 Meilen von den Küsten Südamerikas entfernt. Hier trägt fast jedes Land- und Wasserprodukt das unverkennbare Gepräge des amerikanischen Kontinents. Es gibt hier 26 Landvögel; von diesen gelten 21 oder vielleicht 23 als unterschiedliche Arten, von denen gewöhnlich angenommen wird, sie seien hier erschaffen worden. Jedoch die enge Verwandtschaft der meisten dieser Vögel mit amerikanischen Arten offenbart sich in jedem ihrer Charaktere, in ihren Gewohnheiten, Gehaben und in ihrer Stimme. So verhält es sich auch mit den andren Tieren und auch mit den Pflanzen, wie Hooker in seinem verdienstvollen Buche über die Flora dieses Archipels gezeigt hat. Der Naturforscher, der die Bewohner dieser vulkanischen Inseln im großen Ozean betrachtet, die 700 Meilen vom Kontinent entfernt sind, fühlt, daß er auf amerikanischem Boden steht. Wie kommt das? Wie kommt es, daß Arten, von denen angenommen wird, daß sie auf den Galapagosinseln und nirgends anderwärts erschaffen wurden, so deutlich das Gepräge ihrer Verwandtschaft mit denen von Amerika tragen? Es liegt nichts in den Lebensbedin-

gungen, in der geologischen Beschaffenheit der Inseln, in ihrer Höhe oder in ihrem Klima oder in den Verhältnissen, unter denen die verschiedenen Klassen verbunden sind, was mit den Bedingungen der südamerikanischen Küste verwandt wäre; es ist vielmehr in jeder Hinsicht eine beträchtliche Unähnlichkeit vorhanden. Andrerseits aber besteht eine beträchtliche Ähnlichkeit in der vulkanischen Beschaffenheit des Bodens in Klima, Höhe und Größe der Inseln zwischen den Galapagos- und Capverdischen Inseln. Aber welch vollkommener absoluter Unterschied ihrer Bewohner! Die Bewohner der Capverdischen Inseln sind derart mit denen Afrikas verwandt, wie die der Galapagos mit denen Südamerikas. Tatsachen wie diese finden nach der allgemeinen Ansicht einer gesonderten Schöpfung keine Erklärung, während es nach der hier entwickelten Ansicht klar ist, daß die Galapagosinseln höchst wahrscheinlich entweder durch gelegentliche Transportmittel oder (obgleich ich dieser Ansicht nicht bin) indem sie früher mit Amerika ebenso im Zusammenhang standen, wie die Capverden mit Afrika, Kolonisten erhalten haben; diese jedoch verraten, trotz ihrer Geneigtheit zu Modifikationen, gemäß dem Erblichkeitsprinzip ihre ursprüngliche Heimat. So manche analoge Fälle ließen sich anführen. Es ist in der Tat eine fast allgemeine Regel, daß die endemischen Produkte mit denen des nächsten Kontinentes oder der nächsten großen Insel verwandt sind. Ausnahmen sind nur wenige vorhanden und die meisten davon können erklärt werden."

Wir wollen nun die von Darwin angeführten Tatsachen, wo es nötig ist, unter Berichtigung und Ergänzung derselben, und ihre Deutung im einzelnen kritisieren.

In einem Brief an Moritz Wagner hat Darwin später zugestanden, daß die Unterschätzung physikalischer Bedingungen einer seiner Hauptfehler gewesen sei. Es gibt einige Tatsachen, die ein grelles Licht auf das geringe Verständnis

werfen, das uns heute noch in bezug auf die Abschätzung der Einwirkung äußerer Faktoren eigentümlich ist. Mit Schlagwörtern wie Klima, Bodeneinfluß usw. ist es nicht gemacht. Wenn wir sehen, daß das Hyperoodon, ein Tiefseesäugetier, unter dem Einflusse irgend welcher äußerer Bedingungen eine Ausstülpung an der Retina erworben hat, die an der Retina bei Gigantura chuni, also einem Tiefseefisch, wiederkehrt, so stehen wir allerdings zur Zeit noch völlig unwissend dem Einfluß gegenüber, der eine solche konvergente Bildung bewirkt haben mag. Wir dürfen aber mit Sicherheit behaupten, daß eine noch unerforschte Lebensbedingung der Tiefsee in beiden Fällen die gleiche Wirkung hervorgerufen hat. In der Pflanzenwelt mag eine ähnliche Beziehung durch das folgende Beispiel veranschaulicht werden. Im südöstlichen Spanien, dessen kleine Sierren überaus reich an endemischen Arten sind, findet sich, wohl unterschieden von der formenreichen Festuca ovina die Art F. reverchonii. An dieser ist besonders merkwürdig die Krümmung, die die Blätter beim Absterben erleiden. Sie sehen wie Haarlocken aus. Auch die lebenden Blätter sind schwach und zwar am oberen Teil gekrümmt, sodaß der Rasen „wie ein grobes, gelocktes Haar aussah". Hackel, der dieses Gras beschrieb, erzog aus einigen Caryopsen Exemplare; die lebenden Blätter waren gerade oder schwach gekrümmt, die absterbenden aber zeigten die eigenartige Krümmung. Nun gibt es in den Gebirgen Argentiniens eine Festuca-Art, die ebenso wickelartig gekrümmte Blätter, wie Festuca reverchonii, aufweist. Hackel hatte die spanische Art Festuca circinnata genannt, fand aber später, daß dieser Name schon von Griesbach für die — argentinische Art gewählt worden war.

Soll man in ähnlichen Fällen zur Hypothese einer gemeinsamen Abstammung und einer einmal eingetretenen Verschleppung greifen? Wenn nicht, welche Formursache liegt hier vor? Wenn wir nicht irren, ist hier ein noch völlig

brachliegender Acker für wissenschaftliche Arbeit vorhanden, und es fehlen sogar noch die ersten methodischen Leitprinzipien. Die Tier- und Pflanzengeographie freilich stellt eine recht weit geförderte Wissenschaft dar; um aber bis zur Erkenntnis des uns hier beschäftigenden Problems vorzudringen, müßten die Ergebnisse der Tier- und Pflanzengeographie vergleichsweise zu manchen andern Disziplinen in Beziehung gesetzt werden. Wenn auch die Tektonik der Erde zu einer vertieften Einsicht zunächst vielleicht nichts beisteuern mag, so scheint doch ein genaues Studium der regionalen Bodenbedeckung unerläßlich. Die Verwitterungen und die Ablagerungen sind mit klimatischen Bedingungen eng verknüpft, und wir finden, daß in ausgedehnten Gebieten von ähnlichen klimatischen Verhältnissen auf verschiedenartige Gesteinsunterlagen gleiche Bodenarten sich gelegt haben. Über diese Beziehungen herrscht aber noch keine Klarheit, und doch ist die Abhängigkeit der Flora von der regionalen Bodenbedeckung gar nicht zu verkennen. Auf dem Gebiete des Firn- und Eisbodens ist der Pflanzenwuchs ausgeschlossen. Der in Form des Lehms in Sibirien, China, im Osten der Vereinigten Staaten, in Kalifornien, im mittleren und südlichen Europa und in Australien auftretende Eluvialboden leistet der Waldentwicklung und Kultur vortrefflichen Vorschub. In den Tropen tritt das Eluvium als Laterit auf. Er bildet im tropischen Afrika, Brasilien, Guayana, Mexiko und Zentralamerika, in Südostasien und auf den austral-asiatischen Inseln die herrschende Bodenbedeckung. Dagegen fördert der Wind als Bodenbildner in Nordamerika innerhalb der Coloradohochfläche die Feldwüste, im Zentrum Südafrikas und Australiens die Flugsandregionen zutage.

Aber auch die unverkennbare Abhängigkeit der Fauna von den äußeren Bedingungen, die zur scharfen Trennung führt, wird uns lebendig, gerade, sobald wir uns der Eis-

zeit erinnern. Die vier bekannten Faunen sind nach einer von Rauber wiedergegebenen Zusammenstellung Woldrichs gekennzeichnet:

Glaziale Fauna: Myodes torquatus, Myodes lemmus, Arvicola gregalis, Arvicola nivalis, Arctomys, Lepus variabilis, Ovibos moschatus, Rangifer tarandus, Lagopus alpinus, Lagopus albus usw. Als deren Vertilger werden erwähnt: Nyctea nivea, Foetorius erminea, Gulo borealis, Leucocyon lagopus und andre.

Steppenfauna: Alactaca jaculus, Spermophilus altaicus, Spermophilus guttatus, Arctomys bobac, Lagomys pusillus, Arvicola arvalis, Arvicola ratticeps, Arvicola agrestis, Arvicola amphibius, Lepus timidus, Talpa europaea, Cricetus frumentarius, Equus asinus, Equus fossilis, Bos primigenius, Antilope saiga, Rangifer tarandus. Deren Vertilger: Foetorius putorius, Foetorius vulgaris (Vulpes meridionalis) und andre Caniden.

Weidefauna: Rhinoceros tichorhinus, Elephas primigenius, (Hippopotamus in südlicheren Gegenden), Bos priscus, Bos primigenius, Cervus euryceros, (Rangifer tarandus, Equus fossilis usw.) Deren Vertilger: Hyaena spelaea, Felis spelaea, Ursus spelaeus, Lupus spelaeus, Lupus vulgaris, Lupus neschersensis, Vulpes, Canis.

Waldfauna: Alces palmatus, Cervus elaphus, Cervus capreolus, (Rangifer tarandus), Bos, Sus, Castor, Sciurus, Myoxus, Arvicola glareolus, Mus silvaticus, Tetrao urogallus, Tetrao tetrix usw. Deren Vertilger: Hyaena, Ursus, Lupus, Vulpes, Canis, Felis spelaea, Felis fera, (catus), Felis lynx, Mustela, Foetorius.

„Die an erster Stelle angeführten Tiere sind für jede der Faunen im allgemeinen besonders kennzeichnend; das Renntier gehörte wahrscheinlich allen vier Faunen an, einige Tiere zweien oder dreien.“ Nehring unterscheidet drei Faunen, die arktische, Steppen- und Waldfauna.

Darwin mißt den Tierwanderungen eine große Bedeutung bei und läßt dabei die Eiszeit eine hervorragende Rolle spielen. Wir wenden uns nun diesem Punkte zu. Seitens der Paläontologie ist da eine Warnung geäußert worden, die nicht unbeachtet bleiben sollte. In Ansehung dessen, daß uns in verschiedenen geologischen Zeiten wie auch in verschiedenen Provinzen Gruppen ähnlicher Art entgegentreten, daß die Worthenien oder Lophospiren und die Raphistomen des baltischen und des nordamerikanischen Untersilurs, unter denen einige kaum zu unterscheiden sind, sich unter fast gleichen Bedingungen aus fast oder ganz gleichen Mittelformen entwickelt haben, rät Koken, bei Annahme komplizierter Wanderzüge engverwandter Arten sich größere Reserve aufzuerlegen, als gewöhnlich geschieht. Diese Warnung muß aber nicht nur mit den gegebenen Einschränkungen betont werden. Soweit wir Wanderungen in der Natur erforscht haben, handelt es sich nicht sowohl um ein definitives Verlassen der Heimatstätten, sondern um ein Hin- und Herfluten unter dem Einflusse klimatischen Zwanges, als dessen Gesamtwirkung keine besonders beträchtliche regionale Verschiebung der Fauna erscheint. Man hat in Höhlen Tierreste von nördlichem und südlichem Typus zusammen gefunden, und an der Gleichzeitigkeit der Ablagerung ist nicht zu zweifeln. Dawkins, der hierüber eine befriedigende Theorie aufgestellt hat, mißt der Eiszeit keine prinzipiell andre Tragweite bei als der kürzesten Eiszeit, die wir alljährlich erleben, unserem Winter. Beim Herannahen des Winters ziehen sich die arktischen Formen im nördlichen Asien und Nordamerika langsam nach Süden zurück und nehmen die Sommerweideplätze des Elchs, des Hirsches und andrer Tiere ein, die der Strenge eines arktischen Winters nicht gewachsen sind; im Frühjahr wandern die letztgenannten Tiere wieder nordwärts, um die Sommerkräuter in den ehemaligen Winterquartieren der arktischen Tiergruppen abzuweiden. Soweit

wir also sehen, ein Hin- und Herfließen und eine Heimkehr. Auch die neueren Anschauungen über die Wanderungen der Vögel führen der gleichen Erkenntnis zu. Karl und Adolf Müller haben hierüber die wissenswerten Tatsachen zusammengefaßt: „Auch die heiße Zone gibt durch ihren Wechsel von Dürre und Regenzeit den dortigen Vögeln Veranlassung zum Wandern, wie uns das Verzeichnis Heuchlins belehrt, das er über die in Afrika oft hunderte von Meilen weit wandernden aufstellt. Ein Gleiches erfahren wir schon von A. v. Humboldt, der in seinen Reisen in die Äquinoktialgegenden Folgendes berichtet: „Diese regelmäßigen Reisen der Vögel aus einem Tropenlande ins andre in einer Zone, deren Temperatur das ganze Jahr hindurch unverändert bleibt, sind sehr außerordentliche Erscheinungen. Auch auf der Südseite der Antilleninseln treffen alljährlich zur Zeit der großen Überschwemmungen der Ströme der Terra Firma zahlreiche Flüge Zugvögel vom Orinoko und seinen Nebenflüssen ein. Es ist wahrscheinlich, daß die Wechsel von Trockenheit und Feuchtigkeit in den Äquatorialländern auf die Gewohnheiten der Tiere ähnliche Wirkungen äußern, wie in unseren Erdteilen die großen Temperaturwechsel tun. Gleichmäßig zieht ein erleichterter Fischfang die Plattfüße und die Strandläufer von Norden nach Süden, vom Orinoko zum Amazonenstrom.“ Beobachtungen neuerer Reisenden, wie Dr. G. Fritsch, geben uns ebensowohl Veranlassung, behutsamer als seither mit Behauptungen und Annahmen über die geographische Ausdehnung der Wanderungen des Zuges zu sein. Mit Recht bezweifelt Dr. F. C. Noll in einer Abhandlung über die Erscheinungen des sog. Instinktes im Oktoberheft der Zeitschrift „Der Zoologische Garten“ von 1876 u. a. den Beweis für die Annahme, daß der unterm 12. Grad nördlicher Breite von Brehm angetroffene Wachtelkönig auch wirklich aus dem nördlichen Deutschland dahin zog, daß die Spießente (Anas acuta), die im Winter

sich unter dem 11. Grad nördlicher Breite umhertreibt, dieselbe ist, die im Sommer unter dem 70. Grad nördlicher Breite nistete. Fritsch begegnete jenseits des Äquators unter dem 33. Grad südlicher Breite dem gemeinen Storch. Von dieser Art ist es ebenso zweifelhaft, woher sie gekommen, ob aus der nördlichen oder südlichen Hemisphäre, ob die Art aus Europa, Nord- oder Südafrika, oder ob die Gegend, wo sie angetroffen, gar ihre Heimat war. Letztere Frage wäre wenigstens ebenso berechtigt wie die andren, da nach A. v. Homeyer der gemeine Storch ein Brutvogel der afrikanischen Wüste und der Steppe Medidjah ist. Wenn Livingstone große Flüge (?) des Mauerseglers über der Ebene bei Kuruman (unterm 9.° nördlicher Breite) in vollem Zug begriffen beobachtete, so entsteht eben wohl die Frage, von welcher Heimat diese Reisenden den Zug begonnen: denn der Segler ist als Brutvogel ebenso gut in Algerien und Ägypten bestätigt, als er in Europa zu Hause ist. Alle diese Einzelerfahrungen zusammen betrachtet, berechtigen wohl vorläufig zu dem Zweifel, daß ein Zug der Vögel von der nördlichen Erdhälfte über den Gleicher hinaus zur südlichen Hemisphäre stattfindet. Man neigt sich in neuerer Zeit mehr der Ansicht hin, daß zur Herbstzugzeit eine allgemeine Verschiebung in den Aufenthaltsorten unserer Vögel entstünde, und zwar in der Weise, daß die jeweilig südlicheren Stätten kontinuierlich von nördlicheren Einwanderern eingenommen würden. Es wird sich dabei natürlich gestalten, daß die ziehende Vögelschar sich in den Ländern der Winterherberge verhältnismäßig verteilt, daß also Überhäufung in Distrikten naturgemäß bald wieder durch Weiterziehen überzähliger korrigiert oder ausgeglichen, und umgekehrt noch gar nicht oder wenig besuchte Landstriche durch Zug und Wandern bevölkert zu werden pflegen, wenn sie wirtlich und annehmbar für die Wandergäste überhaupt sich bewähren. Wie in so unzähligen Fällen wird auch hier die Natur egalisieren."

Ein Faktor, den wir zu den allerwichtigsten rechnen, und der im weiteren Verlaufe dieses Kapitels eine große Bedeutung gewinnen wird, der psychische, ist bei der Beurteilung der Wanderzüge der Tiere mit Unrecht vollständig außer acht gelassen worden. Die Tiere haben nämlich das offensichtliche Widerstreben, den Boden, den engern Bezirk ihrer näheren Artgenossen, zu verlassen. Es gibt Affenarten, die nur in einem kleinen Waldbezirke, Fische, die nur in einem einzigen See heimisch sind, und wir sehen, daß bewegliche Tiere über ihre recht kleinen Wohngebiete nicht hinausdringen, trotzdem eine Schranke vollständig fehlt. Auf der andren Seite sehen wir, so oft der Zwang zur zeitweiligen Aufgabe des altgewohnten Heimatsbezirks eintritt, einen unwiderstehlichen Instinkt und auch eine entsprechende, sehr weitgehende Heimkehrfähigkeit einsetzen. In allen Wanderungen, die wir kennen, in den Vögelzügen sowohl, als in den Laichwanderungen der Fische, können wir die Herrschaft dieser Neigungen und Instinkte wohl erkennen. R. Haensch konnte in der Gegend von Santa Inéz bemerken, daß Morpho, welche ein kleines Seitental im Walde herabgeflogen kamen, am Ufer stutzten und zurückkehrten; sie sind eben Waldbewohner, die selbst kurze freie Strecken zwischen zwei Wäldern scheuen.

Auch ist nicht zu übersehen, daß zuweilen die trennenden Schranken zwei Gebiete von großer klimatischer Verschiedenheit scheiden, und daß somit diese Ursache der Verschiedenheit der Faunen hüben und drüben zu Grunde liegen kann. Die Faunen des westlichen und des östlichen Abhangs der Anden und der daran schließenden Ebene sind, jedenfalls soweit die Insekten in Betracht kommen, fast ganz verschieden. Die über 4000 m hohen Kämme bilden allerdings eine unübersteigliche Grenze für die meisten Insekten. Allein das Klima ist auch auf beiden Seiten ein vollständig verschiedenes. Auf der Amazonasseite herrscht

die trockene Jahreszeit vom September bis zum Dezember, auf der nach dem Stillen Ozean zu gelegenen Seite vom Mai bis zum August.

Darwin hat, wie wir gesehen haben, einige gesetzmäßige Tatsachen festgestellt. Die verschiedenen Arten, die Meeresinseln bewohnen, sind nur gering an der Zahl, verglichen mit denen von gleich großen kontinentalen Strecken. Ferner: obgleich auf den Meeresinseln die Arten gering an der Zahl sind, ist doch die Verhältniszahl der endemischen Arten oft außerordentlich groß. Erläuternd fügt Darwin hinzu: „Diese Tatsache war theoretisch zu erwarten, denn, wie bereits erklärt wurde, Arten, die nach langen Zeiträumen gelegentlich in neuen und isolierten Bezirken anlangen und mit neuen Genossen in Mitbewerb treten müssen, sind zu Modifikationen besonders geneigt und werden oft Gruppen abgeänderter Nachkommen hervorbringen. Doch daraus folgt keineswegs, daß, weil auf einer Insel fast alle Arten einer Klasse eigentümlich sind, auch die einer andern Klasse oder andern Abteilung derselben Klasse eigentümlich sein müssen; und dieser Unterschied scheint teils davon abzuhängen, daß die unabgeänderten Arten vereint eingewandert sind, ihre Wechselbeziehungen daher nicht gestört wurden, teils wieder davon, daß unabgeänderte Einwanderer häufig angelangt sind und sich mit den Inselformen kreuzten. Erinnert sei, daß die Abkömmlinge einer solchen Kreuzung sicherlich an Lebenskraft gewinnen werden, so daß selbst eine gelegentliche Kreuzung eine größere Wirkung hervorbringen mag, als angenommen werden dürfte.“ Es sind also zufällige Umstände, die Darwin seiner — recht unklaren — Erklärungsweise zu Grunde legt. Ist es aber glaublich, daß zufällige Umstände eine Erscheinung von solcher Gesetzmäßigkeit und Konstanz hervorrufen können? Durch eifrige Beschäftigung mit diesem Gegenstande bin ich zu der Überzeugung gelangt, daß die genannten Erscheinungen, wie auch

alle anderen von Darwin angeführten Tatsachen, und ebenso viele weiteren, die ich hinzufügen werde, aus einem Prinzip erklärt werden können, welches die merkwürdige Eigenschaft hat, hypothetisch zu sein und doch zugleich mit großer Genauigkeit dargetan werden zu können.

Wir wollen uns vor allem noch einmal die erklärungsbedürftigen Tatsachen gegenwärtig machen. Wir erinnern uns, daß Darwin außer den erwähnten Erscheinungen, für die sich ein gesetzmäßiger Ausdruck finden läßt, auch auf die Verwandtschaft der Produkte eines Kontinents bei einiger Verschiedenheit der Arten in verschiedenen Punkten und Stationen aufmerksam gemacht hat. Er wies auch darauf hin, daß successive Gruppen von Wesen, die nahe verwandt, aber doch wiederum spezifisch verschieden sind, einander ersetzen. Auch die Beobachtung, daß die meisten natürlichen Sippen oder diejenigen Sippen, deren Arten am engsten mit einander verbunden sind, gewöhnlich auf dasselbe Gebiet beschränkt sind, oder, wenn sie stark verbreitet sind, ihr Verbreitungsgebiet zusammenhängend ist, hat Darwin hervorgehoben. Dann wurde auch der sehr merkwürdigen Beziehungen der Fauna und Flora der Galapagosinseln zum amerikanischen Kontinente gedacht. Zu diesen Punkten tragen wir nach, daß über die Flora der Galapagos neuerdings Robinson eine Arbeit veröffentlicht hat. Seit Darwins, richtiger seit Anderssons Arbeit von 1857, ist unsere Kenntnis dieses Gegenstandes reicher geworden. Agassiz, Baur, Snodgraß und Heller haben die Inseln besucht, auch einige, die bisher unbekannt waren. Es werden nun viele endemische Formen namhaft gemacht, die alle einzelnen Inseln eigentümlich sind. Als endemische Gattungen läßt Robinson nur Scalesia und Lecocarpus gelten, wobei zu bemerken ist, daß Scalesia auch einigen mexikanischen Heliantheen-Gattungen nahekommt. Die Gattung Macraea fällt mit einer hawaiischen

Gattung zusammen. Im übrigen herrscht die Beziehung zur festländischen Flora. Eine wichtige Bemerkung aber muß hervorgehoben werden. Die Flora zweier benachbarter Inseln weist zuweilen bedeutend größere Verschiedenheiten auf, als diejenige weit getrennter Inseln.

Alle diese Tatsachen können nur im Lichte der zusammenhängenden Wissenschaft der Pflanzen- und Tiergeographie begriffen werden. So lernen wir in bezug auf die Florenreiche des Festlands, daß die Zahl der Gattungen dicotyler Angiospermen in den Tropen auf etwa 3600 geschätzt wird, und daß unter diesen 93 Prozent rein oder vorwiegend tropisch, und nicht weniger als 73 Prozent endemisch genannt werden müssen. Es zeigt sich weiter eine große Selbständigkeit des tropischen Amerika und des tropischen Gürtels der alten Welt, indem von der genannten Zahl 1450 nur dort und 1700 nur hier vorkommen. „Starker Endemismus“, sagt Hermann Wagner, „zeigt sich im außertropischen Australien, in Neuseeland ebenso wie im blütenreichen Kapland und im chilenisch-patagonischen Waldgebiete. Das Bemerkenswerte ist, daß diese weitgetrennten Gebiete doch mehr Anklänge aneinander zeigen, als daß sie auf Verschleppung in heutiger Zeit — namentlich gilt dies von Australien, Neuseeland und Südamerika — zurückgeführt werden könnten.“

Wir erkennen mithin, daß eine gewisse Gleichartigkeit bei gleichzeitigem Vorhandensein merklicher Gegensätze keine singuläre Erscheinung ist, sondern ein Naturprinzip darstellt, das seine Herrschaft über weite Länderstrecken ausdehnt.

Eine andre bemerkenswerte Tatsache tritt aus der Pflanzengeographie hervor. „In den ehemaligen Glazialgebieten findet sich eine vorwiegend entlehnte, nicht eigenartige, aber artenreiche junge Flora, im wesentlichen ohne endemische Arten.“ Wir werden bald einsehen, daß diese

Tatsache mit den übrigen hervorgehobenen und noch hervorzuhebenden im innigsten Einklange sich befindet.

Auf die geographische Verbreitung der Tiere mag das von Matschie sehr gründlich studierte Beispiel der Ginsterkatzen ein Streiflicht werfen. Von den Ginsterkatzen hat Noack gesagt, daß ihr Studium außerordentlich schwierig sei, weil bei keiner Gruppe der Viverren so viele Übergänge sich finden, und doch wieder die einzelnen regionalen Arten resp. Varietäten sich unterscheiden. „Es gibt eben regionale Arten," so faßt Matschie seine wertvollen Ergebnisse zusammen, „d. h. die Ginsterkatze, welche von Südwesteuropa und Palästina bis zum Kaplande herunter lebt, ist in vielen Gegenden durch ganz bestimmte Merkmale ausgezeichnet, durch welche sich die dort lebenden Exemplare von solchen aus andern Gegenden leicht unterscheiden lassen. Die Verbreitungsgebiete dieser einzelnen, durch besondere Merkmale kenntlichen Formen der Ginsterkatzen werden nur, und zwar nicht häufig, in jenen Grenzgebieten gefunden, wo beide Formen nebeneinander leben, wo also die Entstehung von Bastarden nicht nur möglich, sondern wahrscheinlich ist. Andre Übergänge, welche als Bastarde nicht erklärt werden können, sind nur insofern möglich, als einige Merkmale nicht mit der für die Form gegebenen Diagnose übereinstimmen, während die Beachtung der übrigen an der richtigen Bestimmung des Tieres keinen Zweifel läßt. Die Verbreitungsgebiete der einzelnen Formen von Genetta decken sich fast vollständig mit denjenigen, welche ich seinerzeit allgemein für die afrikanischen Säugetiere aufgestellt habe." Eine außerordentlich scharfe regionale Begrenzung der Tierarten ist also unverkennbar und fordert eine Erklärung.

Das von Darwin angedeutete Gesetz tritt mit großer Schärfe hervor, wenn wir folgende Vergleichung der Säugetierarten anstellen. Irland beherbergt 22, England 40, Deutsch-

land 90 Säugetierarten. Amphibien und Reptilien weisen analoge Verhältniszahlen auf. Andrerseits sind auf den britischen Inseln drei Vogelarten endemisch, auf Hainan an der südchinesischen Küste eine Säugetier- und 20 Vogelarten, auf Formosa 14 Säugetier- und 43 Vogelarten. Man nimmt nun an, daß Irland sich früher vom Festland getrennt habe, als Großbritannien und daß die genannten asiatischen Inseln länger vom Festlande geschieden sind, als die britischen von Europa. Man kann sich der Erkenntnis nicht entziehen, daß es keine zwei verschiedenen Ursachen sind, welche das eine Mal die Abnahme der Artenzahl, das andre Mal die Zunahme der endemischen Formen bewirkt, sondern, daß beide Erscheinungen die Ausflüsse einer und derselben Ursache, der Isolierung auf ein bestimmtes Gebiet, sind.

Wir müssen annehmen, daß, so oft durch die Natur der Dinge eine derartige Isolierung eintritt, ein Faktor, der gleichzeitig die Verwischung der Gegensätze innerhalb der zusammenwohnenden Formen und die Ausprägung von Verschiedenheiten gegenüber den Formen einer andern Biosphäre hervorruft, wirksam wird. Die Wirkung ist aber naturgemäß von der Zeit abhängig; daher weisen jüngere Faunen und Floren noch keinen ausgesprochenen Endemismus auf.

Es ist nun nicht mehr verwunderlich, daß die spezifischen Verschiedenheiten mit sichtlichen Hindernissen freier Wanderung zusammenfallen. Es wäre aber ganz ungerechtfertigt, auf die Wanderung und ihre Verhinderung ein Gewicht zu legen. Denn, wie wir zu erkennen vermochten, grenzen sich auch in der freien Natur, wo irgendwelche Schranken gar nicht vorhanden sind, regionale Bezirke gegen einander ab. Wir gelangen mithin zur Vermutung, daß jener Faktor durch äußerliche Abgrenzung zwar in seiner Wirksamkeit gefördert, aber nicht durch sie erzeugt wird, und

daß er vielmehr umgekehrt, in der Organisation wirksam, die unsichtbaren Grenzen zwischen den Formen setzt. Wir verstehen jetzt, wie zwei benachbarte Inseln in bezug auf Fauna und Flora, weit größere Verschiedenheit zeigen können, als zwei entfernte Inseln, während diese an den Galapagos zu beobachtende Tatsache aus der Wanderung und Verschleppung keineswegs zu begreifen ist.

Es liegt nun sehr nahe, den neuen Faktor einfach als Bastardierung zu begreifen, und ein Blick auf die Völkerkunde würde diese Annahme scheinbar bestätigen. Auf Kontinenten und großen Inseln erhält sich die Scheidung der Rassen. Wie die Kaffern gegenüber den Hottentotten in Südafrika, die Weißen gegenüber den Negern auf dem Kontinente, blieben auch die Malayen gegenüber den Papuas auf den großen Inseln des indischen Archipels selbständig. Auf kleinen Inseln jedoch, auf engerem Raume, hat eine Vermischung und Annäherung stattgefunden: so zwischen den Malayen und den Papuas auf den vulkanischen Inseln der Südsee. Eine unserer problematischen Grundtatsachen erfährt also scheinbar ihre Lösung durch die Bastardierung; es scheint nur auf die günstigen Bedingungen zu einer solchen anzukommen. Aber tieferes Denken muß dazu führen, in der Aufhebung der Artgrenzen, die in der Bastardierung sich kundtut, eine Tatsache zu erblicken, die sich bereits als die Funktion eines neuen, unbekannten Faktors darstellt. Mag dieser Faktor unter der Bedingung der äußeren und zufälligen Annäherung erst erwachen oder in seiner Wirkung erstarken, mag er sich unmittelbar psychisch als Überwindung der Begattungsunlust oder gar endlich organisch als Beseitigung der Vermischungshindernisse ausprägen, mit ihm tritt ein Neues, Erklärungsbedürftiges in die Wissenschaft der lebendigen Formen ein. Und so wenig wir leugnen wollen, daß die Bastardierung — als eine spezielle Wirkungsweise des neuen Faktors — in vielen Fällen der Konvergenz die

causa proxima ist, müssen wir doch erkennen, daß das allgemeine Walten der „direkten Konvergenz“ (die wir hier zu erschließen trachten) ein unmittelbareres ist, daß ihre Wirkung gleichsam Fernwirkung ist. Ein tieferes Eingehen auf die Tatsachen der allgemeinen Völkerkunde kann uns darin nur bestärken. Allbekannt ist, daß der Anglo-Amerikaner sich in überaus auffallender Weise dem Typus der lokalen Rassen genähert hat — und dies im Laufe weniger Generationen! Die Wissenschaft steht vor dieser Tatsache verlegen da, sie weiß nicht, ob sie ihr den „Einfluß des Landes“ oder die Kreuzung zu Grunde legen soll. „Was die von Murray u. A. geschilderten Umänderungen betrifft, so ist daran zu denken notwendig, ob nicht etwa Kreuzung der weißen mit der amerikanischen Rasse eher für dieselbe verantwortlich zu machen sei, als der Einfluß des Landes. So vielfältig aber auch Vermischung der beiden Rassen stattgefunden hat, so ist diese, einzelne Bezirke ausgenommen, doch nicht wohl derart häufig und allgemein gewesen, daß sich aus ihr die Umänderung würde erklären lassen.“ (Rauber). Das Studium der unleugbaren Veränderungen, die auch die eingewanderten Neger der Vereinigten Staaten erlitten haben, dürfte das Problem der Lösung näher bringen. Wenn die Angabe zutrifft, daß die Neger mit der weißen Bevölkerung konvergieren, so ist der „Einfluß des Landes“ — das bekannte asylum ignorantiae — desavouiert, und die Kreuzung als Ursache ist mehr als zweifelhaft: es drängt geradezu zur Annahme einer neuen Konvergenzursache. Wir zweifeln nicht, daß die Ethnographie überreich ist an empirischem, gleichsam experimentellem Material, das der Begründung des neuen Prinzips dient. Und was noch wichtiger ist: die Ethnographie führt von ihrem engeren Gebiete wieder in überzeugender Weise auf die Allgemeinbetrachtung hinaus. So wies schon Agassiz darauf hin, daß die verschiedenen Menschenrassen nach denselben geologischen Provinzen ver-

teilt seien, wie die verschiedenen Arten und Gattungen der Säugetiere; und dies stimmt genau für Australier, Mongolen und Neger, annähernd auch für Papuas und Malayen. So tritt aus der empirischen Betrachtung der Begriff der durch zufällige Annäherung und darauffolgende Bastardierung keineswegs gekennzeichneten, sondern notwendigen, Menschenrassen und Tierwelt gleich umfassenden, in sich abgegrenzten Biosphäre hervor.

Bevor wir versuchen, das Wesen unseres Faktors zu erläutern, wollen wir, ausgerüstet mit dieser neuen Erklärungsweise, die so überraschend alle von Darwin und uns hervorgehobenen Tatsachen aus einem Gesichtspunkte erklären zu können scheint, an die Erledigung der Frage gehen, warum Säugetiere auf Meeresinseln in der Regel nicht vorhanden sind. Auch diese Frage kann nur bei umfassender Berücksichtigung der Säugetiergeographie genügend beantwortet werden. Seitdem Südamerika mit Nordamerika vereinigt ist, also etwa seit der Pliocänzeit, hat es von Norden her eine Reihe von altweltlichen Säugetieren erhalten. Von ihnen sind aber viele wieder erloschen, und Südamerika ist überhaupt an größeren Säugetieren auffallend arm. Ist es nun zulässig, dem trennenden Meere die Schuld an dem Fehlen von Säugetieren beizumessen, wenn es sich evident zeigt, daß die Herstellung einer Verbindung an dem Bestande der Fauna wesentlich nichts ändert? Wenn von 97 dem australischen Kontinent angehörigen Arten von Monotremen 61 in Westaustralien fehlen, und von den 36 dort vorkommenden 14 ausgesprochen endemisch sind, 10 weitere typisch westlich, und nur 12 dem Osten und Westen gemeinsam sind, und wenn ferner in Westaustralien fast 80 Prozent aller Gefäßpflanzen als endemisch sich darstellen, kann da als der einzige und zureichende Grund wirklich nur eine ehemalige Scheidung gelten? Sollte man wirklich für die Tatsache, daß Neuseeland keine Säugetiere aufweist.

keine andre Erklärung finden als die, daß es sich von Australien getrennt hat, ehe die Beuteltiere Australiens dorthin auswandern konnten? Rechtfertigt es sich überhaupt, die Monotremen unbedenklich zu den Säugetieren der alten Welt in eine einfache Beziehung zu setzen, wenn doch selbst die Entwicklungslehre anerkennen muß, daß alle andern Säugetiere, jedoch nicht die Monotremen, von Formen abgeleitet werden können, die den Insektivoren nahestanden? Und wie ist das Vorhandensein von Echsen auf dieser Insel zu erklären? Von den Säugetieren wissen wir, daß es unter ihnen Formen gegeben hat, die zu einer bestimmten Zeit plötzlich auftreten und rasch verschwinden, daß auch auf den Kontinenten, wie Darwin selbst bemerkt, neue Säugetierarten rascher erscheinen und verschwinden, als andre niedrigere Tiere. Genügt es da nicht, von einer polyphyletischen Entstehung der Säugetierarten ausgehend, anzunehmen, daß sie auf einem relativ beschränkten Raume nicht leicht oder doch viel schwerer die Bedingungen finden konnten, die ihnen zu ihrer Entwicklung notwendig sind? Fledermäuse sollen ja nach Darwin von der allgemeinen Regel, wonach Säugetiere an den Kontinent gebannt sind, eine Ausnahme machen. Daß Neuseeland Fledermäuse besitzt, können wir danach allenfalls begreifen. Wie kommt es nun aber, daß diese Fledermäuse sonst nirgendwo in der Welt zu finden sind? Sollte dieselbe Fähigkeit, die ihnen die Übersiedelung auf die Insel ermöglichte, nicht auch einmal den Anlaß geboten haben, eine Verlegung des Wohnsitzes vorzunehmen? Warum sind diese Tiere nun an die Insel gebannt? Wir sehen, eine jede tiefere Betrachtung leitet wieder auf das von uns erkannte Prinzip, welches den Grund für einen jeden Endemismus bildet.

Es sei noch erwähnt, daß gegen unser Prinzip auch nicht das Gesetz spricht, das Doederlein auf Grund

systematischer Studien aufgestellt hat, daß mit dem Mangel der Vagilität die Variabilität wächst. Denn, wie Doflein richtig interpretiert, bedeutet diese Tatsache so viel, daß, je mehr eine Art verschiedenartigen Lebensverhältnissen konstant ausgesetzt ist, um so mehr Standortsvarietäten sich bilden.

Wir wollen nun versuchen, dem Wesen unseres Prinzips näherzutreten, und leiten die Erörterung dahin über, indem wir H. Wagner über eine merkwürdige Erscheinung im Pflanzenleben sprechen lassen. „Humboldt hat zuerst, um das eigenartige landschaftliche Bild der Vegetation besser zum Ausdruck zu bringen, ihre Bestandteile zu zerlegen gesucht und eine Reihe physiognomischer Pflanzenformen nach ihrem Gesamthabitus aufgestellt. Ihre Zahl ist von andern bedeutend vermehrt worden. Es kommen dabei wesentlich nur die Vegetationsorgane, bei Bäumen also der sog. Baumschlag in Betracht, unabhängig vom verwandtschaftlichen System. Doch bilden einzelne natürliche Familien, wie Palmen, Bananen, Bambusen auch bereits physiognomische Formen. Diese Anschauungen haben sich vertieft, seit man die Gruppenbildung statt allein auf die äußere Erscheinung, vielmehr auf die Zusammengehörigkeit nach den Lebensverhältnissen, nach der Anpassung an die gleichen äußeren Lebensbedingungen zu begründen versucht hat. An die Stelle von rein physiognomischen Gruppen sind die physiologischen oder ökologischen getreten, d. h. Gruppen, die durch Gleichartigkeit ihres gesamten Haushaltes verknüpft sind. Die Grundlage einer derartigen Einteilung der Vegetationsdecke der Erde bilden Pflanzenvereine oder Genossenschaften, die oft Pflanzen von gleichem physiognomischen Charakter in sich vereinigen, oft aber auch anders gestaltete in bunter Mischung umfassen. Setzt sich das Bild vorherrschend aus dem gleichen Gewächs zusammen, wie im Buchen- oder Eichenwald der Erikaheide, so geht der Ver-

ein in einen Bestand über. Da sich auf der Erdoberfläche die nämlichen äußeren Standortsbedingungen vielfach wiederholen, so begegnet man den gleichen Vereinen in den verschiedensten Ländern der Erde, wobei die floristische Zusammensetzung häufig eine ganz abweichende sein kann." Wenn auch in dieser Darstellung nur erst der äußeren physikalischen Einflüsse gedacht wird, so scheint uns doch dieses Beispiel geeignet zu sein, um den ersten Gedanken einer in gerader Linie wirkenden direkten Konvergenz zwischen den Genossen einer Biosphäre auch auf niedriger Organisationsstufe auftauchen zu lassen, einer Konvergenz, die durch die bloße Zugrundelegung äußerer Bedingungen doch nicht hinreichend erklärt werden dürfte. Ohne nun schon für die Pflanzenvereine das Walten dieses Faktors behaupten zu wollen, und vielmehr in der Absicht, den Bereich seiner Geltung wesentlich in der höheren Organisation darzutun, erinnern wir an die Anregung, die wir mit dem Hinweise auf die psychische Zusammengehörigkeit der Genossen einer Lebenssphäre zueinander und zu dem bewohnten Orte brachten, und sprechen es nunmehr aus: Die direkte Konvergenz ist eine psychische.

Der Gedanke der direkten Konvergenz kann bei einiger Vertiefung in die biologischen Grundanschauungen der Gegenwart nicht befremden. Hier sei nur einiges angeführt. Koken verschmäht es nicht, in seine Erklärungsweise der Formbildung das psychische Moment des Instinkts einzuführen. Jaekel glaubt, daß die Umbildung, die er eine epistatische nennt, „nicht ohne aktive Willensbetätigung des Tieres zustande gekommen ist." Besonders aber kommt das, was wir suchen, in den Thesen zum Ausdruck, die Piepers über Mimicry aufgestellt hat. „Es ist eine Tatsache, daß die Farbe einiger Tiere unter dem Eindruck von heftigen Gemütsbewegungen unbewußt zeitlich sich mehr oder weniger stark verändert. Es ist gleichfalls bekannt,

daß ihre Farbe nach einem kurzen, ja sogar sehr kurzen Aufenthalt in einer andern als ihrer früheren Umgebung sich in Verbindung mit jener der neuen verändert, also sich derselben anpaßt. Und da nun ferner konstatiert ist, daß, wenn solche Tiere des Gesichts beraubt werden, dies Vermögen der Farbenveränderung verloren gehen kann, muß also angenommen werden, daß auch in dem letzteren ebenso wie im ersten Falle diese Veränderung durch Zutun einer Nerventätigkeit vor sich geht, dann aber sicher infolge von Eindrücken, die vermittelst des Gesichts empfangen sind. Es ist in dieser Hinsicht sogar keineswegs unmöglich, daß einige Tiere wenigstens die Macht besitzen, willkürlich dieses Vermögen walten zu lassen; Beobachtungen betreffs Cephalopoden machen dies sehr wahrscheinlich. Richten wir in dieser Hinsicht einmal auf den Menschen unsere Aufmerksamkeit, dann finden wir bei ihm nicht allein in dem Erröten auch noch ein Überbleibsel von solch einem Vermögen zur Farbenveränderung, meist unbewußt auftretend, das aber auch willkürlich erzeugt werden kann, sondern es wird uns auch die Tatsache klar, daß die Gemütsbewegungen, durch seine Umgebung und dabei auch zum größten Teile durch die Wahrnehmungen seines Gesichts erzeugt, den Ausdruck seiner Gesichtszüge beherrschen. Und der Grund dafür ist ohne Zweifel kein andrer als eine gewisse unbewußte Tätigkeit, die sich, wie im übrigen auch aus vielen andern Beispielen hervorgeht, in einem Streben zur Nachahmung der Umgebung offenbart.“ Es geht eben nicht an, wie Verworn und andre wollen, das psychische Element aus der biologischen Erklärung zu eliminieren. Wir haben, wie gesagt, die Absicht, das psychische Vermögen als die Grundlage der direkten Konvergenz nur für die höheren Organisationen zu beanspruchen, aber es ist vielleicht nicht überflüssig, die Bemerkung zu machen, daß auch die neueren botanischen Forschungen einer Ausdehnung dieses Prinzips,

sofern jemand solches wagen wollte, sich nicht feindlich in den Weg stellen würden. Als eines von vielen Beispielen sei nur erwähnt, daß es, während Sachs noch angenommen hat, daß die Kniebildung beim Cotyledo des Keimlings von Allium cepa rein geotropischer Natur sei, durch die Untersuchungen von Neubert erwiesen ist, daß diese Wachstumskrümmung in die Reihe der autonomen gehört. Autonom geschieht auch die Ausgleichung des Knies nach Abstreifung des vertrockneten Samens. Schließlich ist auch vielleicht beachtenswert, daß schon Hering die psychische Funktion des Gedächtnisses als eine organische Grundfunktion der Materie angeschaut hat.

Man kann auch erkennen, daß einige Tatsachen, die nach meiner Meinung unter das Prinzip der direkten Konvergenz fallen, Darwins besondere Aufmerksamkeit in Anspruch nahmen. Er macht die wichtige Bemerkung, daß die Nachahmer und die Nachgeahmten stets das gleiche Gebiet bewohnen. „Wir finden nie, daß ein Imitator ferne von der Form lebt, die er imitiert." Aber Darwin erblickt hier ein vorzügliches Beispiel natürlicher Zuchtwahl. „Es gibt auch noch eine andre merkwürdige Art von Fällen, in denen eine äußere Ähnlichkeit nicht von Adaption an ähnliche Lebensverhältnisse abhängt, sondern des Schutzes wegen erworben wurde. Ich glaube, hierdurch ist die wundervolle, von Bates zuerst geschilderte Weise, in der gewisse Schmetterlinge andre grundverschiedene Arten nachahmen, erklärt. Dieser treffliche Beobachter zeigte nämlich, daß in einigen Bezirken Südamerikas, wo z. B. eine Ithomia in großen Schwärmen sich herumtummelt, ein andrer Schmetterling, Leptalis, häufig mitten unter der Menge zu finden ist, und dieser ist in jeder Schattierung, jedem Streif der Farbe, ja selbst in der Flügelform der Ithomia so besonders ähnlich, daß Bates trotz seiner Vorsicht und seines durch eine elfjährige Sammeltätigkeit geschärften Blickes wiederholt sich

täuschte. Wenn die eingefangenen Nachahmer den Nachgeahmten verglichen werden, so zeigt es sich, daß sie in der Struktur wesentlich verschieden sind und nicht nur unterschiedlichen Sippen, sondern oft auch verschiedenen Familien angehören. Wäre diese Mimicry nur in einem oder zwei Fällen vorgekommen, so hätte man darüber als über seltsames Zusammentreffen fortschreiten können. Allein, wenn wir weiter Umschau halten, so finden wir in demselben Bezirke eine andre nachahmende und eine andre nachgeahmte Art, die gleichfalls den erwähnten zwei Sippen angehören und gleichfalls einander sehr ähnlich sind. Zusammen sind nicht weniger als zehn Sippen verzeichnet worden, die Arten enthalten, welche andre Schmetterlinge imitieren. Die Nachahmer und Nachgeahmten bewohnen stets das gleiche Gebiet; wir finden nie, daß ein Imitator fern von der Form lebt, die er imitiert. Die Nachahmer sind fast immer seltene Insekten; die Nachgeahmten sind fast in allen Fällen reichlich in Schwärmen zu finden. In demselben Bezirke, wo eine Art Leptalis eine Ithomia genau nachahmt, kommen zuweilen andre Lepidopteren vor, die derselben Ithomia nachahmen, sodaß auf demselben Orte drei Sippen Schmetterlinge und selbst eine Motte vorgefunden werden, die alle einem Schmetterlinge, der zu einer vierten Sippe gehört, ganz ähnlich sind. Es verdient besonders bemerkt zu werden, daß viele der nachahmenden Formen von Leptalis, wie auch der nachgeahmten Formen durch eine abgestufte Reihe als bloße Varietäten derselben Art nachgewiesen werden können, während andre zweifellos unterschiedlichen Arten angehören. Es könnte jedoch gefragt werden, warum man just die eine Form als die nachgeahmte und die andre als die nachahmende bezeichne. Bates beantwortet diese Frage befriedigend, indem er zeigt, daß die nachgeahmte Form das gewöhnliche Kleid der Gruppe trägt, zu der sie gehört, während die Nachahmer

ihr Kleid gewechselt haben und ihren nächsten Verwandten nicht ähnlich sind. Wir werden zunächst zu der Frage veranlaßt, welches die Gründe sein mögen, daß gewisse Schmetterlinge und Motten so oft das Kleid einer andern ganz unterschiedlichen Form anlegen, und warum zur Verblüffung der Naturforscher die Natur sich zu einem derartigen Verfahren herabgelassen habe. Bates hat hier zweifellos die richtige Erklärung gefunden. Die nachgeahmten Formen, die stets in großer Zahl vorhanden sind, müssen gewöhnlich einer ausgedehnten Vernichtung zu entgehen wissen, denn sonst könnten sie nicht in solchen Schwärmen vorhanden sein. Es sind nun auch eine beträchtliche Menge Beweise gesammelt worden, die zeigen, daß sie den Vögeln und andern insektenfressenden Tieren widerwärtig sind. Die nachahmenden Formen dagegen, die denselben Bezirk bewohnen, sind verhältnismäßig selten und gehören auch seltenen Gruppen an; demnach müssen sie gewöhnlich unter manchen Gefahren leiden, denn andernfalls müßten sie sich, nach der Zahl der Eier, die alle Schmetterlinge legen, zu urteilen, in drei oder vier Generationen über das ganze Gebiet verbreitet haben. Wenn nun ein Glied einer dieser seltenen und verfolgten Gruppen das Äußere einer der gut geschützten Arten derart anzunehmen weiß, daß es regelmäßig das geübte Auge eines Entomologen zu täuschen weiß, so wird es oft auch beutegierige Vögel und Insekten zu täuschen vermögen und dadurch häufig der Vernichtung entgehen.“ Darwin berichtet weiter, daß auch Wallace und Trimen gleiches bei den Lepidopteren des malayischen Archipels und Afrikas, sowie bei einigen andren Insekten wahrgenommen haben. Wallace habe ein solches Vorkommnis auch bei Vögeln entdeckt; von den größeren Vierfüßern dagegen sei kein Fall bekannt geworden. An einer andern Stelle bemerkt Darwin: „Die Schwierigkeit in der Unterscheidung veränderlicher Arten kommt zum großen

Teile daher, daß die Varietäten sozusagen andre Arten derselben Sippe nachahmen. Es könnte auch ein beträchtliches Verzeichnis der Formen gegeben werden, die zwischen zwei andren Formen stehen, welche wieder nur mit Zweifeln den Arten zugezählt werden, und dieses zeigt, wenn nicht alle engverwandten Formen als unabhängig erscheinende Arten betrachtet werden, daß sie im Variieren etwas von den Charakteren der andern angenommen haben."

Diese wunderbaren Erscheinungen der natürlichen Zuchtwahl beizumessen, scheint mir nicht sehr glücklich. Nach der Idee der natürlichen Zuchtwahl stellt die nachgeahmte Art eine Elite aus einer Gruppe dar, deren andre Glieder die Zweckmäßigkeit der Elite-Art zwar nicht erreichen, aber doch noch vollkommener aufweisen, als jede beliebige andre Gruppe. Es müßte also die grundverschiedene nachahmende Art schon zufällig einen Grad der Annäherung besessen haben, der noch mitten in den Abstand zwischen der Elite-Art und ihrer meistangenäherten Verwandtschaft fiel! Diese Schwierigkeit ist, glaube ich, unüberwindlich, selbst wenn man vom vielbesprochenen Einwande des mangelnden Auslesewertes kleinster Variationen und der Unwahrscheinlichkeit ihrer Erhaltung absehen wollte. Das Unzureichende dieser Erklärung muß aber die Notwendigkeit einer andren besonders nahe legen. Ist doch gerade angesichts solcher Erscheinungen der Gedanke nicht von der Hand zu weisen, daß eine tiefere Untersuchung den Herrschaftsbezirk nicht nur der natürlichen Zuchtwahl, sondern auch der Abstammung und der Erblichkeit verkleinern könnte. Ich halte es für keinen Zufall, daß so alte Formen, wie die Orthopteren das Höchste an mimetischer Anpassung leisten. Es ist das Walten der direkten Konvergenz, die eine Funktion der Zeit ist. Welches andre Prinzip, außer diesem, wäre vermögend, die langsamen räumlichen Formübergänge zu erklären? Ist etwa in dem Schema „gemeinsame Ab-

stammung und darauf folgende Wanderung" eine Erklärung dafür enthalten?

Wenn die Handschrift bei Vater und Sohn die gleichen Züge aufweist, so liegt nach Darwin Erblichkeit vor. Ich glaube aber ganz vortrefflich an dem Beispiel dieser physiologischen Funktion und an dem des Sprechens zeigen zu können, wie verfehlt es ist, hier Erblichkeit anzunehmen, und wie notwendig, der direkten Konvergenz eine Wirkung einzuräumen. Es ist bekannt, daß bald nach dem Auftreten der Darwinschen Lehre ein berühmter Sprachforscher, Schleicher, die Linguistik als Beweismaterial in den Dienst der neuen Lehre gestellt hat. Möge es gestattet sein, einen andern Sprachgelehrten, Hermann Osthoff, für unsere neue Anschauung ins Feld zu führen. Wenn von zwei einzelnen Individuen das eine einen Laut hervorbringen kann, der dem andren versagt bleibt, so beruht das auf einer Verschiedenheit der Sprachorgane. Ganz ebenso muß es zwischen zwei Völkerindividuen sein, und derselbe Umstand muß es bewirken, daß bei einem und demselben Volke auf zwei verschiedenen Punkten seiner historischen Sprachentwicklung sich eine verschiedene Fähigkeit in bezug auf die Lautaussprache zeigt. Und wenn dieser Fall eingetreten ist, so bringt das Individuum oder das Volk den Sprachlaut nicht nur in diesem oder jenem Falle nicht, sondern überhaupt in keinem mehr hervor. Die Ursache, die Veränderung der Sprachorgane, dauert eben fort. Dies ist die wichtige Ursache des historischen Lautwandels der Sprachen. „Vermag der Romane in einem einzelnen Worte nicht mehr das alte lateinische k vor e und i guttural hervorzubringen, so entgeht bei ihm kein einziges k derselben Stellung vor den palatalen Vokalen der Palatalisierung zu ital. tš, franz. s. Verwandelt sich in einem Falle oder in einigen Fällen die Aussprache des lateinischen j im Französischen zu z (weichem tönenden sch) in jeter z. B. aus lat. jactare, in juste aus

lat. justus, so müssen notwendig alle ins Französische übergegangenen lateinischen Wörter mit j, nämlich auch joindre aus lat. jungere, joug aus jugum, jouer aus jocari usw. von derselben Lautumwandlung betroffen werden. Gelingt es im Griechischen nicht mehr, den ehemals auslautenden Dental am Wortende im Neutrum der Pronomina τὸ, ἄλλο, verglichen mit lat. is-tud, aliud, mit zur Aussprache zu bringen, so ist nicht zu erwarten, daß ihm in andern Fällen die Hervorbringung des gleichen Lautes in gleicher Wortstellung gerät. Es muß unabwendbar dasselbe Gesetz des Abfalls auch den Vokativ singularis dentaler Nominalstämme, wie παῖ aus παῖδ von παῖς, die 3. sing. imperf. ἔφερε aus ἔφερετ altind. ábharat (vergl. lat. -t in ferebat) treffen. War es durch die Natur seiner Sprachorgane bedingt, daß der Hochdeutsche niederdeutsches k außer im Anlaut zu ch werden ließ, so geschah diese Wandelung des k überall, und in keinem der Wörter dach, sache, ich, sicher usw. konnte der in- und auslautende Guttural in hochdeutscher Zunge auf dem alten unverschobenen Standpunkte verbleiben. Und bringt es wiederum die Beschaffenheit unserer Organe mit sich, daß wir dasselbe ch je nach den vorhergehenden Vokalen verschieden aussprechen, nach a in dach, sache als sog. ach-, nach i in ich, sicher als ich-laut, nach o, u und e wiederum etwas verschieden gefärbt, so findet keines der von uns gesprochenen ch eine exzeptionelle Rettung von allen diesen mannigfaltig variierten Affektionen.“ Auf die naheliegende Frage, wie denn in einem Komplex sprechender Individuen die Sprachorgane aller Einzelnen einheitlich abgeändert werden könne, antwortet Osthoff mit Recht, daß die Gestaltung aller physischen Organe des Menschen von den klimatischen und den Kulturverhältnissen, unter denen er lebt, abhängt. Er meint, es sei in der Sprachwissenschaft noch viel zu wenig gewürdigt, daß sich bei gleichen oder ähnlichen klimatischen und Kulturverhältnissen überaus

gleiche oder ähnliche phonetische Neigungen der Sprache oder der Mundart zu zeigen pflegen. Er erinnert daran, wie z. B. am Kaukasus sogar nicht urverwandte benachbarte Völkerschaften, die indogermanischen Armenier und Iranier und die nicht-indogermanischen Georgier und andre in der Hauptsache fast das nämliche Vokal- und Konsonantensystem haben; ferner, daß innerhalb einer und derselben Sprache ein fast durchweg kontinuierlicher Übergang zwischen den einzelnen, die Gesamtsprache bildenden Dialekten, z. B. im Germanischen von dem Alemannischen der Alpen bis zu dem Niedersächsischen der Nord- und Ostseeküste herrscht. Und es ist ihm nicht denkbar, daß mit solcher Kontinuität die Kontinuität der klimatischen Übergänge auf demselben Raumgebiete causaliter nichts zu schaffen habe. Aber noch ein andres Moment dünkt Osthoff vielleicht noch wichtiger. Er bemerkt, daß die Macht des Nachahmungstriebes, besonders des in fortdauernder Übung sich befriedigenden, überaus groß ist. Die Kinder einer und derselben Volksschule pflegen sich unter der Anleitung eines und desselben Lehrers leicht ein und dieselbe Handschrift anzugewöhnen; ja, ganze Gegenden und Provinzen zeigen bei einer und derselben Generation einen im wesentlichen gleichen Duktus der Schriftzüge. Ja, noch mehr, ganze einzelne Völker unterscheiden sich durch die charakteristische Weise, zu schreiben. Ein geübtes Auge vermag den Franzosen und den Engländer und den Deutschen aus ihrer Handschrift herauszuerkennen. „Um wie viel größer, wie viel langjähriger, unausgesetzter und intensiver ist die Übung des Sprechenlernens durch Nachahmung. Sobald der Mensch als Kind im Elternhause die ersten Anfänge des Sprechens macht, ist er von da ab sein ganzes Lebenlang unbewußt am Feilen seiner Sprache nach dem Muster andrer, am Angleichen seiner Rede- und Aussprachsweise an die der Mitmenschen. Immer ähnlicher wird die

Sprache des heranwachsenden Kindes der der Eltern und übrigen Hausgenossen, immer vollkommener seine Fertigkeit, die Sprachlaute genau ebenso hervorzubringen, wie es sie von seiner Umgebung hört. Und derselbe sich hier im engeren Raume der vier Hauswände darbietende unbewußte Ausgleichungsprozeß vollzieht sich täglich und stündlich auch zwischen den erwachsenen Bewohnern derselben Stadt oder desselben Dorfes. Die Sprechweise der einzelnen findet, wo sie nur Miene machen könnte, ihre eigenen Wege zu gehen, sofort und immerdar ihren Regulator an der der übrigen Ortsgenossenschaft, und so müssen notgedrungen innerhalb desselben Weichbildes alle Verschiedenheiten der Lautbildung, deren Möglichkeit wir ja bei der Möglichkeit individueller Differenzen der organischen Veranlagung der einzelnen zulassen mußten, in der Praxis verschwinden, oder wenigstens sich auf ein unmerkbares Minimum reduzieren." Dieses Beispiel ist auch darum besonders interessant und lehrreich, weil es die direkte Konvergenz zu einer gewissen Umbildung der Organe in Beziehung setzt.

Wer etwa von Norden nach Süden reist, „hört von eng verwandten, jedoch unterschiedlichen Vögeln fast gleichen Sang, er sieht ihre Nester ähnlich, aber nicht ganz gleich gebaut, und ihre Eier fast in derselben Weise gefärbt", sagt Darwin und zweifelt offenbar durchaus nicht daran, daß in allen diesen Beziehungen das Walten der Erblichkeit erblickt werden müsse. Wir sind jedoch der Meinung, daß gerade in den hier angezogenen Fällen die Annahme, daß die Erblichkeit auszuschalten und die direkte Konvergenz viel wahrscheinlicher sei, recht einleuchtend zur Geltung gebracht werden kann. Die Farbe der Eier steht nämlich zu der Lebensweise der Vögel in einer gewissen Beziehung. Die Höhlenbrüter legen weiße, die Erdbrüter erd- und grasfarbige, die Baumbrüter getüpfelte Eier. Die Eier unterliegen somit einer analogen Färbung infolge gleicher äußerer

Einflüsse. Das Aufsuchen dieser Einflüsse aber beruht auf einem psychischen Verhalten der Vögel, und die Nachahmung spielt hierbei natürlich eine große Rolle. Daß aber auch die Nestbaukunst der Vögel jedenfalls nicht ausschließlich auf erbliche Instinkte zurückzuführen ist, beweist schon allein der Umstand, daß alte Vögel in dieser Kunst viel vollkommeneres erzielen, als junge. Und noch eine wichtige Anzeige finden wir für unsere Auffassung. Die Hauptsorge für den Nestbau trägt in den meisten Fällen das Weibchen, während die Tätigkeit des Männchens eine mehr untergeordnete ist. Wir werden aber finden, daß gerade das Weibchen durch die Fähigkeit der Anpassung charakterisiert ist. Für die Art des Nestbaues fallen auch die natürlichen Werkzeuge, Fuß- und Schnabelformen, über welche die Vögel verfügen, wesentlich in Betracht. Man unterscheidet danach flechtende, filzende, webende und kittende Vögel, Schaufler und Zimmerer usw. Während nun einesteils der Besitz der einen oder andern Organform die Art des Nestbaues bestimmen wird, wird aber auch umgekehrt andrerseits die Anpassung an fremde Lebensgewohnheiten auf die Aus- und Umbildung der Organe einen gewissen Einfluß üben. So wird auch in diesem Falle die direkte Konvergenz die Organveränderung begünstigen. Was endlich den Sang betrifft, so haben wir im rotrückigen Würger oder Dorndreher (Lanius spinitorpuus vel colurio) in der Bastardnachtigall (Sylvia hippolais), im Sumpfschilfsänger (Calamoherpe palustris) und im Star vortreffliche Nachahmer andrer Vogelarten. In dieser Kunst ist besonders der rotrückige Würger ausgezeichnet. Karl Deditius, der wertvolle Beiträge zur Akustik der Stimmorgane der Sperlingsvögel geliefert hat, besaß Wildlinge vom rotrückigen Würger, die zehn Gesänge andrer Vögel vollständig wiederzugeben vermochten und außerdem eben so viele Bruchstücke von Gesängen noch andrer Vögel. Allerdings wird in dieser

Wiedergabe eines vermißt, das Fehlen der Klangfarbe; eine jede Vogelart besitzt eine charakteristische Klangfarbe. Jedoch ist folgendes zu bedenken. Die Empfindung der Klangfarbe beruht auf dem Mitklingen von Obertönen. Diese treten in regelmäßigen Luftröhren (zylindrischen Röhren oder solche, deren Wand sich in der Kurve einer Parabel erweitert) gleichmäßig auf. Nun sind allerdings ganz regelmäßige Röhren keinem Singvogel eigen; jedoch die Luftröhre der Würger ist regelmäßiger geformt, als die andrer Singvögel. Die Würger besitzen also gewissermaßen die organische Bedingung für die Nachahmung nicht nur einer sehr großen Anzahl von Tönen, sondern vielleicht auch der Klangfarbe. Sehen wir doch, daß dem Vogel selbst die Nachahmung von hohen Tönen kürzerer Luftröhren auf seiner eigenen längeren gelingt, indem er den Grundton seiner Luftröhre durch Verlängerung so einstellt, daß die Obertöne davon mit der Höhe des Tons der kurzen Luftröhre übereinstimmen. Daß im menschlichen Verkehre Familienmitglieder häufig die gleiche Klangfarbe der Stimme besitzen, glaube ich, kann man beobachten, und von dem Boden unserer Betrachtung aus haben wir weit weniger Grund, diese Erscheinung der Vererbung, als der direkten Konvergenz zuzuschreiben. Gleich dem Dialekte wechselt auch der Vogelsang bei einer und derselben Art, je nachdem das Gebirge oder die Ebene die Wohnstätte der Vögel bildet, und wir führen dies weniger auf äußere Einflüsse, als auf die Ausbildung bestimmter psychischer Charaktere der betreffenden Biosphäre zurück. Ein Vögelchen, das in ganz jugendlichem Alter in die Gefangenschaft gebracht wird, erreicht auch nicht annähernd die Sangesweise seiner Eltern, und wenn es auch ein paar Ansätze dazu zeigt, so wird man, wie ich glaube, in diesem und in unzähligen andern Fällen auch mit einer sehr merkwürdigen unbewußten Rezeption des Gedächtnisses zu rechnen haben, die, in aller-

frühester Jugend bereits vollzogen, nach langer Zeit, im korrespondierenden Lebensalter, reproduktiv in die Erscheinung tritt: also immer wieder, sobald die Reproduktion durch dieselben inneren Ursachen, die meist regelmäßig zu einer bestimmten Zeit einsetzen, ausgelöst wird.

Daß die Aneignung fremder Lebensgewohnheiten sehr weit gehen kann und durchaus nicht durch irgend welche Speziesgrenze beschränkt wird, zeigt die Beobachtung von Käfern, die Lebensgewohnheiten ihrer Wirtsameisen annahmen. Escherich behauptet, daß die Oxysomen an dem gemeinsamen Schlaf ihrer Wirtsameisen teilnehmen. Adele M. Fielde hat einen ähnlichen gemeinschaftlichen Schlaf bei ganzen Ameisengesellschaften in den Nestern einer Aphänogasterart beobachtet. Keine einzige Lebensgewohnheit aber darf als eine so geringfügige Ursache angesehen werden, daß sie nicht schon einen organischen Einfluß üben könnte. Daß man vom Einfluß der Kopfhaltung auf die Schädelform gesprochen hat, ist bekannt, und die vorteilhaften Körperhaltungen, über die Perrier neulich gesprochen hat, würden kaum erblich sein, wenn sie sich nicht schließlich organisch ausprägen würden. Haltungen aber, welcher Art sie auch immer sein mögen, sind jedenfalls in bezug auf ihre Ursache der direkten Konvergenz zuzuschreiben.

Auf die Wirkung der vergesellschaftenden direkten Konvergenz ist auch die Zähmung der Tiere zurückzuführen. Das Herausreißen eines Tieres aus seiner gewohnten Lebenssphäre bewirkt zunächst häufig eine Verwilderung des Tieres, kehrt die Instinkte um und wendet sie allmählich in ausgesprochener Weise in dem Maße der neuen Biosphäre zu, als es sie von der alten abwendet. Die Verkehrung der Lebensweise hat auch organische Änderungen im Gefolge, und so tritt hier neben der Konvergenz auch die Divergenz der Charaktere auf. Aber dieser Erscheinung liegt doch der psychische Faktor zu Grunde, dessen primäre Funktion die

Konvergenz der Charaktere ist. Die Frage, wie dem Menschen die Zähmung der Tiere gelungen sei, ist eines der schwierigsten Probleme. „Nur dem befangenen und oberflächlichen Blick“, sagt Rauber, „der das in der Gegenwart Bestehende mit einem Gleichmut hinnimmt, als sei dieser Bestand immer vorhanden gewesen, ihn hinnimmt, als sei er nicht erst unter großen Anstrengungen errungen worden, kann die Schwierigkeit des Werkes wie seine Tragweite entgehen. Man kann dieses Werk am ehesten vergleichen mit der Bewältigung der Metalle. Wie das Metall oder Erz erst durch die Kraft des Feuers, so schmilzt die Widerstandskraft der zu bewältigenden Tiere durch Gefangenschaft, Hunger und Schmerz. Bei beiden ward die rohe Kraft in andre Form umgeprägt, beide bezeichnen durch ihre Bewältigung einen neuen Abschnitt auf der menschlichen Bahn.“ Die Bemerkung Raubers, daß die Zähmung wohl an jugendlichen Tieren begonnen worden sei, ist wahrscheinlich richtig, trifft aber nicht das Wesen der Sache. Wenn wir die geheimnisvolle Kraft kennen lernen wollen, die den blutdürstigen Hund zu den Füßen des Menschen niederzwang, den Stier unter das Joch beugte, so müssen wir auf diejenigen erklärenden Tatsachen eingehen, die uns die Naturbeobachtung bietet. Es liegt auf der Hand, daß die Beantwortung der umgekehrten Frage, unter welchen Bedingungen etwa unschädliche Tiere verwildern, einen wertvollen, vielleicht den entscheidenden Beitrag zur Lösung unserer Frage liefern könnte. In dieser Hinsicht hat L. Reh jüngst auf eine merkwürdige Erscheinung aufmerksam gemacht, deren Gesetzmäßigkeit in die Augen springt. In Deutschland ist von den Kleerüßlern Phytonomus meles ganz außerordentlich schädlich, Ph. punctatus dagegen fast gar nicht. In Nordamerika, wohin sie beide verschleppt worden sind, hat sich das Verhältnis gerade umgekehrt gestaltet. Die San José-Schildlaus schadet in Japan, wo

ihre wahrscheinliche Heimat ist, fast gar nicht. Und diese Erscheinungen treten mit einer solchen Regelmäßigkeit auf, daß die praktischen Entomologen hieraus die Gesetze erschlossen haben, daß von den in ihrer Heimat schädlichen Insekten viel weniger Gefahr droht, als von den dort unschädlichen, und daß die Heimat eines Insekts da zu suchen sei, wo es am wenigsten Schaden tut. Wenn nun Reh dafür, daß europäische, wenig schädliche Insekten sich in Nordamerika zu Schädlingen ersten Ranges entwickeln, zur Not eine Erklärung in den günstigen klimatischen Verhältnissen, in den Unterschieden in den Anbauarten der Pflanzen usw. findet, so dürfte uns diese Erklärung so wenig befriedigen, als sie Reh befriedigt hat. Namentlich bleibt die gesetzmäßig auftretende Umkehrung des Verhältnisses vollständig im Dunkeln. Ich glaube behaupten zu dürfen, daß das Prinzip der direkten Konvergenz in dieses Dunkel einen hellen Lichtstrahl hineinträgt, und daß die geschilderten Tatsachen einen außerordentlich starken Beweis dafür schaffen, daß unsere Anschauung auf wirkliche in der Natur vorkommende Verhältnisse sich gründet. Das Amikal-Prinzip, welches die Tiere einer Lebenssphäre verbindet und den Tiercharakter immer veredelt, äußert sich reaktiv mit auflodernder Heftigkeit, sobald die Bande der Gesellschaft gesprengt werden: und wenn die Beobachtung richtig ist, daß Tiere, nachdem sie sich einer neuen Lebenssphäre angepaßt haben, ihre Abneigung mit besonderer Heftigkeit gegen ihre früheren Genossen richten, so wird man die Zähmung der Tiere vor allem als eine Verteidigungsmaßregel begreifen, die der listenreiche Mensch in prähistorischer Zeit gegenüber seinen natürlichen Feinden zur Anwendung brachte. Der Hund hat gegen Wolf und Fuchs eine entschiedene Abneigung. Immerhin werden Wölfinnen zuweilen von männlichen Hunden belegt, und der Fuchs sucht nicht selten nachts die läufige Hündin auf. Ja, mancher Hund weigert

sich, die Füchsin zur Brunstzeit zu verfolgen. So spielen die widerstreitenden Amikalempfindungen in einander! Daher ist es besonders interessant, daß die paraguaysche Hauskatze der ihr entfremdeten europäischen so abgeneigt ist, daß sie sich nur schwer mit dieser begattet. Die Katzen verraten überhaupt einen besonders geringen Grad von amikaler Empfindung.

Auch die Geschlechtscharaktere sind gewissermaßen Spezies-Charaktere. Die männlichen und die weiblichen Genossen des engsten Verbandes unterscheiden sich häufig durch ganz bestimmte Merkmale, die mit Beständigkeit bei jedem der beiden Geschlechter wiederkehren. Man braucht nur an die verschiedenartige Färbung zu denken. Doch sieht man auch ganz eigenartige Unterscheidungsmerkmale sich erhalten. So sind Insekten beobachtet worden, bei denen das eine Geschlecht eine Gebirgs-, das andre eine Küstenform darstellt. Und trotzdem, trotz der Konstanz unterscheidender Sexualmerkmale, diese nahe und innige Übereinstimmung der ganzen Organisation! Mit welchen Mitteln kann die heutige Lehre dieses große, vielleicht größte aller Entwicklungsrätsel erklären? Nicht genug, daß ein Aufsteigen von niedersten Lebensformen bis zu den höchstorganisierten angenommen wird; an einem gewissen Punkte soll auch das doppelgeschlechtliche Prinzip aufgetreten sein und sich dann mit einem überaus seltsamen Parallelismus der Schicksale erhalten haben bis auf den heutigen Tag. Jede Eigenschaft, die der männliche Teil erwarb, muß auch dem Weibchen zu Gute gekommen sein. Jedes Aufsteigen in eine höhere Tiergruppe kann nicht anders denn gemeinsam sich vollzogen haben. Aus dem Kampf ums Dasein müssen beide Teile immer und immer gemeinsam als Sieger hervorgegangen sein. Daß es nicht so gewesen sein kann, daß die Wahrscheinlichkeit für einen solchen Parallelismus gleich Null ist, darf füglich nicht bezweifelt werden. Wo liegt nun die Verbindung zwischen

dem direkten Erwerb des einen Teils und dem indirekten des andern? Wenn irgendwo, so ist hier die Antwort, die die Abstammungslehre gibt, unzureichend. Es ist völlig unglaublich, daß die Erblichkeit die Beziehungen zwischen den beiden Geschlechtern immer in dem günstigen und erhaltenden Sinne reguliert haben sollte. Schon um einigermaßen glaubhaft zu machen, daß eine Eigenschaft von Auslesewert bei der Vermischung der Charaktere nicht untergegangen sei, müssen wir eine auf irgend eine Weise vollzogene Isolierung zur Reinzucht annehmen. Ist es nun gar denkbar, daß aus der Vermischung, für die der eine Teil die günstige Eigenschaft nicht mitbrachte (da ja diese Eigenschaft erst durch die Vermischung auf seine gleichgeschlechtliche Nachkommenschaft übergegangen sein soll) trotzdem eine Erhaltung des nützlichen Charakters als endliches Resultat hervorgegangen ist? Ich will nicht leugnen, daß bei einer weiteren Fortspinnung des Auslesegedankens eine hypothetische Lösung dieses Konflikts nicht ganz unmöglich erscheint; allein ich zweifle daran, ob man noch mit Anspruch auf Wissenschaftlichkeit diese Gedankenoperation fortsetzen darf. Im Vergleich damit erscheint der elementare Völkergedanke von der ursprünglichen Erschaffung eines Paares als der weitaus natürlichere. Wir können die unendlich große Annäherung in den Organisationen der Gatten wohl als einen Ausfluß der in überaus langer Zeit wirkenden direkten Konvergenz und ihrer Folgeerscheinungen ansehen. Für diese Annahme bietet auch die tägliche Beobachtung ein reiches Material, und das Ähnlichwerden der Ehegatten, das ein jeder Mensch, der mit offnen Augen durchs Leben geht, bis auf viele Einzelheiten hinein beobachten und studieren kann, ist eine beredte Warnung gegen die Überschätzung der Vererbung. Eine eigenartige Tatsache lernen wir bei der Vergleichung der Geschlechter der Genetten kennen. Die Weibchen haben eine hellere Grundfärbung

und eine dunklere Fleckenfärbung als die Männchen. W. L. Sclater unterscheidet nun: G. felina, tigrina, senegalensis und rubiginosa nach der Färbung des Rückenstreifs und der Flecke. Matschie hat aber darauf aufmerksam gemacht, daß es in Uhehe in Deutsch-Ostafrika Exemplare mit rotem Rückenstreif und roten Flecken und andre mit tiefbraunem, fast schwarzem Rückenstreif und dunkelbraunen, hellbraun gewässerten Flecken gibt. Die ersteren sind sämtlich Männchen, die letzteren Weibchen. Matschie meint nun, daß das Weibchen von G. rubiginosa wahrscheinlich auch die dunklen Flecke und einen schwarzbraunen Rückenstreif haben werde und nach Sclaters Angaben vielleicht zu tigrina zu rechnen sein würde. Hält man die Angaben beider Forscher zusammen, so scheint hervorzugehen, daß das Weibchen der einen Art einen Charakter des Männchens der andern Art angenommen hat oder umgekehrt. Das Weibchen von G. rubiginosa würde etwa die dunklen Flecken und den schwarzbraunen Rückenstreif des männlichen Geschlechts von G. tigrina angenommen haben. Es dürfte dies gleichsam eine Entgleisung der Konvergenz, gewissermaßen eine Untreue, illustrieren. G. felina und tigrina, die Sclater beide nach dem schwarzen Rückenstreif und schwarzen Flecken bestimmt, leben in einem kleinen Gebiete neben einander. Im allgemeinen gilt auch von diesen beiden Arten das von Matschie aufgestellte Gesetz. Er kennt unter den G. tigrina des Pondolandes Stücke mit braunen, hell gewässerten Flecken und solche mit tiefschwarzen Flecken, unter den Berliner Exemplaren von G. felina solche mit schwarzen, mit braunen und rötlichbraunen Flecken. Die hellfleckigen Genetten sind eben die Männchen, die dunkelfleckigen die Weibchen. Wenn Sclater gleichwohl die beiden Arten und deren beide Geschlechter zusammengefaßt hat, so spricht das eben dafür, daß hier eine weitgehende Konvergenz am Werke war, und es mag dahingestellt bleiben, ob diese in erster Linie aus der beim Zusammenleben auf

einem Gebiete ermöglichten Bastardierung oder aber schon aus der Lebensgemeinschaft an sich herrührt. Die bezeichneten Geschlechtsunterschiede sind bei den Genetten mancher Gegenden bedeutend größer als bei solchen in andren Gegenden.

Der Begriff der geschlechtlichen Zuchtwahl geht in einen höheren Begriff auf, in den der Amikalselektion. Diesen Begriff verdanken wir dem ausgezeichneten Ameisenforscher Wasmann. Ich fürchte fast, daß es vermessen von uns ist, den sehr schönen Begriff dadurch, daß wir ihm eine überaus weite Bedeutung unterlegen, gleichsam zu usurpieren, zumal Wasmann unter Amikalselektion die positive Auslese von seiten der Ameisen versteht, welche die ihnen angenehmeren Gäste instinktiv bevorzugen. Allein wenn ich bedenke, daß Wasmann die Amikalselektion in so entschiedener Weise der Naturalselektion entgegengestellt hat, wie ich die Konvergenz der Divergenz, so will es mir doch scheinen, daß eine Erhebung des Begriffs über den einzelnen Fall ohne Vergewaltigung seines Wesens wohl gestattet sein könnte, und es würde dabei vielleicht entscheidend ins Gewicht fallen, daß Wasmann, als er seinen Begriff dem der Naturalselektion entgegenstellte, ihn mit der Sexualselektion Darwins verglich, mithin einer Erweiterung der Begriffsgrenzen sich nicht abgeneigt gezeigt hat. Was die Sexualselektion von der Amikalselektion etwa noch trennt, nämlich daß der letzteren ein ästhetisches, der ersteren dagegen ein rein instinktives Moment zu Grunde gelegt ist, kann angesichts unserer wirklichen Unkenntnis der Tierpsychologie und der Erkenntnis, daß es sich doch hier nur um einen Wortstreit handelt, füglich nicht als trennend erachtet werden. Wir nehmen also an, daß eine weitgehende und in mannigfachsten Formen sich äußernde Amikalselektion die Welt der Organismen beherrscht, und daß auf dieser Grundlage die direkte Konvergenz entspringt.

Wir gelangen so zum Schlusse, daß in tausenden von Fällen die Vererbung als Erklärungsprinzip zu Gunsten der Prinzipien der Homologie, der Analogie und der direkten Konvergenz wird ausgeschaltet werden müssen. Wir haben gesehen, daß auch die sogenannte Vererbung im korrespondierenden Lebensalter sehr wohl durch die neue Erklärungsweise ersetzt werden kann: als die psychophysische Reproduktion einer in dem Lebenskreise früh angelegten Erfahrung, deren zeitlich regelmäßiges Wirksamwerden durch das zeitlich regelmäßige Auftreten ihrer Auslösungsursache bedingt wird.

Auf dem letzten internationalen Zoologenkongreß hat Friedrich Dahl die Ziele der vergleichenden Ethologie, das heißt der vergleichenden Biologie im älteren engeren Sinne besprochen. Darunter ist die Wissenschaft zu begreifen, die bei dem Vergleiche der Arten nicht stehen bleibt, sondern Einheiten höheren Grades aufsucht. K. Möbius war der erste, der eine solche höhere Einheit charakterisierte. Er schuf den Begriff einer Lebensgemeinde oder Biocönose. V. Hensen hat im Verein mit vielen andern Forschern die Biocönose des Planktons untersucht. Dahl selbst hat vergleichende Untersuchungen über die Lebensweise wirbelloser Aasfresser angestellt und damit die Erforschung von Landbiocönosen eingeleitet; er mußte aber bald einsehen, daß die Landfaunen noch nicht hinreichend systematisch durchforscht sind. Dahl meint, daß man die gesamte Fauna eines Landes oder eines Tiergebietes als eine Einheit noch höheren Grades ansehen könne und als letztes Ziel der vergleichenden Ethologie die Vergleichung sämtlicher Faunen der Erde betrachten müsse. Er macht die sehr interessante Bemerkung, daß die heutigen Tiergeographen ausschließlich auf den Schultern von Wallace stehen, und daß der Tiergeographie die wissenschaftliche Basis mangele, indem die Ursachen für die Verschieden-

heiten der Faunen nicht angegeben werden können. Obgleich nun Dahl, wie mir scheint, den äußeren Ursachen eine zu große Bedeutung beizumessen geneigt ist, können wir doch die von ihm angeregte Forschung mit Freuden begrüßen. Wenn dieser Gegenstand erst einmal in Angriff genommen wird, so werden die einzelnen Konvergenzprinzipien in ihrer vollen Bedeutung erkannt werden: Daß wir einer solchen Richtung in der Forschung entgegengehen, dürfen wir vielleicht hoffen. Im Anschluß an die Anregung Dahls betonte Emery, daß die Zeit gekommen sei, wo die zoologische Forschung sich wieder zur Ethologie wenden müsse, denn diese Wendung verspreche interessante Resultate, während das Ernten von Lorbeeren auf dem Gebiete der Morphologie immer mühsamer werde. Ist nicht die Unzufriedenheit, die in solchen Äußerungen liegt, ein drohendes Wetterzeichen, in dem das Heraufkommen einer andren Methode nach der Schwüle und der Erschöpfung der heute herrschenden sich anzeigt? Hier wollen wir dieser Frage nicht nachgehen und nur noch den Hinweis uns gestatten, daß das Prinzip der direkten Konvergenz auch der experimentellen Prüfung zugänglich sein dürfte, sobald erst der Eifer der Forschung sich desselben bemächtigt haben wird. Wir haben gesehen, wie vieles dahin drängt, die allgemeine Ethnographie aus dem neuen Gesichtspunkte zu behandeln. Ich hoffe, eine solche Arbeit nächstens abschließen zu können, und meine, daß sie, wenn sie fruchtbar ist, für das Prinzip der direkten Konvergenz noch mehr beweisen wird, als eine reiche Kasuistik.

Zehntes Kapitel.

Über die Urgeschichte der Säugetiere, insbesondere des Menschen.

Inhalt.

Die „Frage der Fragen". — Das Kriterium verwandtschaftlicher Ähnlichkeit. — Ähnlichkeit zwischen Mensch und Menschenaffen. Deren „Blutsverwandtschaft". — Von der autogonen Entstehung der Säugetiere. Das Zusammenwirken der Konvergenzprinzipien. Kausalität und Finalität im Schwanken der Artgrenzen und in der historischen Stufenfolge der Organismen.

Wir treten jetzt vor das Problem der Abstammung des Menschen. Man hat dieses Problem die „Frage der Fragen“ genannt. Die Bemerkung darf aber nicht unterdrückt werden, daß die Frage der Fragen nicht sowohl einem gesteigerten methodologischen Werte ihre Vorzugsstellung verdankt, als vielmehr dem abseits von wissenschaftlicher Erwägung liegenden Bedürfnisse der Menschen. Wenn wir gleichwohl eben dieses Problem am Ende des systematischen Teils hervorheben, so darum, weil die Frage nach der Herkunft des Menschen und der Säugetiere überhaupt nicht nur das lebendige Interesse der Menschheit berührt, sondern auch die Fäden unsrer Theorie in sich vereinigt darstellt.

Die heute herrschende Lehre von der Abstammung des Menschen stützt sich auf die fundamentale Tatsache, daß gewisse Affen in ihrer Organisation dem Menschen näherstehen als gewissen andren Affen, und daß überhaupt weitgehende morphologische und physiologische Übereinstimmungen zwischen Menschen und Affen bestehen. Wir möchten, bevor wir auf diese Tatsachen eingehen, der methodologischen Kritik anheimgeben, die Tragweite solcher Tatsachen einmal grundsätzlich zu untersuchen. Einem Teile der altweltlichen Affen und den Menschen dient ein einziger, scheibenförmiger Mutterkuchen zur Ernährung des Kindes; bei dem andern Teile der Affen der alten Welt

sind zwei gegenüberliegende Disco-Placenten vorhanden. In der Tatsache, daß ein Organisationsmerkmal zugleich in einer Affengruppe und beim Menschen gefunden wird, während es einer andern Affengruppe fehlt, wird ein wichtiger deszendenztheoretischer Beweis erblickt. Wir glauben aber, umgekehrt fragen zu dürfen: Ist das Merkmal, das zwei Organismengruppen trennt, bei denen der Gedanke von ihrer Verwandtschaft weit näher liegt, geeignet, zwei andre Gruppen, zwischen denen eine Welt von konstitutionellen Gegensätzen steht, zu verbinden? Und damit befinden wir uns auch schon vor einem weiteren Bedenken. In welcher Weise müssen gemeinsame Merkmale auftreten, um einen Beweis oder ein Indiz für Verwandtschaft zu geben? Was ist das Maß der verwandtschaftlichen Ähnlichkeit, der Vererbung? Das Hipparion hat ähnliche Gliedmaßen wie das Anchitherium, aber ganz andre Backenzähne. Was ist für die Verwandtschaft entscheidend? Die Gattung Palaeoryx weist dieselbe Beschaffenheit der Hörner auf wie die Gattung Oryx; aber auch hier stimmen die Backenzähne nicht überein. Palaeoreas hat einen ganz anders gestalteten Schädel wie Oreas; aber in bezug auf die Hörner herrscht Übereinstimmung. Welchen Merkmalen darf nun mehr getraut werden? Überhaupt, wie ist die folgenschwere Frage zu beantworten: Wann beweisen Zwischenformen? Ich glaube, wir legen hier den Finger in eine Wunde der herrschenden Lehre. In diesem Punkte ist in der Tat eine methodologische Anarchie zu verzeichnen. Erst neuerdings hat Karl Pearson Untersuchungen angestellt, die vielleicht als Ausgang für eine geordnete Betrachtung dienen können. Er fand, daß das Maß der verwandtschaftlichen Ähnlichkeit, die er mit der Erblichkeit identifiziert, ausgedrückt wird durch das Zahlenverhältnis 1:2. Wir wollen hier über die Methode Pearsons, über die Zulässigkeit der von ihm eingeführten Voraussetzungen, nicht weiter streiten. Aber fragen müssen

wir, ob diese oder ähnliche Kriterien bei der Aneinanderreihung von Formen, bei der Ausfüllung von Lücken durch Zwischenformen gewahrt sind, — von Ansätzen zur Verbesserung von Fehlerquellen, also etwa zur Ausschaltung der durch Konvergenz bewirkten analogen Ähnlichkeiten ganz zu schweigen?

Geht man aber, was angesichts der Schwierigkeit der Aufstellung solcher Kriterien vielleicht am meisten zu empfehlen ist, auf die Frage der konstitutionellen Beschaffenheit ein, dann wankt auch der Bau der Abstammungslehre. Wir erinnern uns an die im zweiten Kapitel erörterte Frage der Daumenbildung. Wir wiesen darauf hin, daß die scheinbare Übereinstimmung zwischen Menschen und Affen, die darin besteht, daß bei beiden der Daumen von der übrigen Hand emanzipiert ist, in der Tat als Übereinstimmung nicht zu deuten ist. Denn, während die Affenhand als Greifhand nach einem andern Prinzip, nämlich durch Verlängerung der übrigen Finger gebildet ist, und insofern die Kürze des Daumens als Verkümmerungserscheinung sich darstellt, wird die menschliche Hand gerade durch die Ausbildung des Daumens zu einer wahren, mechanisch grundsätzlich anders geformten Greifhand. Und diese besondere Bildung ist nicht etwa durch Anpassung an die besondere, aufrechte Lebensweise des Menschen zu erklären, sie weist vielmehr bereits auf den spezifischen Organisationscharakter zurück, über den der Mensch verfügt. Wenn man das Bestreben hat, in das Verhältnis von Ursache und Wirkung nichts Unklares einzuführen, so wird man sich davor hüten, die aufrechte Haltung als die Ursache für die spezifische Ausbildbarkeit der Hand — und zugleich auch die Streckung der Hand nach oben, die besondere Verwendung derselben, mit unter die Ursachen für die Ausbildung der spezifisch aufrechten Organisation zu rechnen. Nicht mit Unrecht ist auch bereits früher von andrer Seite betont worden, daß gewisse Um-

bildungen der Beine, des Beckens, gewisse Veränderungen in der Stellung der Wirbelsäule vor sich gehen mußten, damit die Grundlage für den Formcharakter, wie der Mensch ihn aufweist, geschaffen wurde. Es genügt offenbar nicht, zu sagen: es sei eben im Laufe der Zeit eine Verkleinerung des Rumpfes, eine Verlängerung der Beine und eine Verkürzung der Arme eingetreten. Das Becken mußte breit und schüsselförmig, die Wirbelsäule schräg gestellt werden; es mußte, kurz gesagt, eine Verlagerung von Teilen stattfinden derart, wie wir sie unbefangenen Sinnes nicht annehmen können.

Doch gehen wir auf die Ähnlichkeiten zwischen Menschen und Affen einmal näher ein. Da ist vor allem nachzutragen, daß in neuester Zeit Klaatsch die Affen ganz aus unsrer direkten Ahnenreihe streichen will, und zwar deshalb, weil zahlreiche Fußtapfen in palaeo- und mesozoischen Schichtgesteinen beweisen sollen, daß schon vor langen Jahrmillionen Landtiere den gleichen Charakter der Extremitäten besaßen, wie heute Mensch und Affe: fünf Finger an Hand und Fuß und die erste Zehe opponierbar. Als ein weiteres übereinstimmendes Merkmal wird angeführt, daß Zahnrunzeln, wie sie bei Orang, Schimpanse und Gorilla sich finden, auch auf einem von Nehring beschriebenen Backenzahn eines altdiluvialen Menschen vorhanden sind. Auch Kramberger hat eine große Anzahl diluvialer Menschenzähne gefunden, die dasselbe Merkmal ganz deutlich erkennen lassen. Ich glaube nicht fehl zu gehen, wenn ich der Meinung bin, daß diesem Merkmal eine äußerst geringe Bedeutung zuzuerkennen ist. Es sei gestattet, hier auf ein Beispiel zu verweisen. Wir wissen, daß an der Zunge der katzenartigen Raubtiere die Papillen den Charakter langer Stacheln angenommen haben, so daß die Zunge einer Feile gleicht. Als eine feilenartige Reibeplatte stellt sich aber auch die Schneckenzunge dar. Unter dem Mikroskop sehen wir nach einwärts gekrümmte

Zähne, und der Vergleich mit der Feilzunge der Raubtiere liegt nicht nur nahe, sondern wird in der Beschreibung auch angezogen. So halten denn auch einige Forscher die Zahnrunzelung für einen gemeinsamen, genetisch unabhängigen, Erwerb.

Weitaus am auffallendsten ist und bleibt die erwähnte Bildung der Plazenta und eine merkwürdige Entdeckung, die wir H. Friedenthal zu verdanken haben. Der alten Erfahrung, daß den Tierarten, die wir als nichtverwandt ansehen, chemisch verschiedenes Blut eigen ist in dem Sinne, daß das Blut der einen giftig auf die andern wirken kann, hat Friedenthal eine auf umfangreiche Versuche gestützte neue zugesellt. Dabei hat sich der uns hier interessierende besondere Fall herausgestellt, daß das menschliche Blutserum die roten Blutkörperchen aller andern Versuchstiere als: Aal, Frosch, Ringelnatter, Kreuzotter, Taube, Huhn, Pferd, Schwein, Rind, Hund, Katze, Igel, Halbaffen, neuweltliche Affen und altweltliche Affen, auflöste; nur die Blutkörperchen des Menschenaffen (Orang, Schimpanse, Gibbon) und diejenigen andrer Menschen wurden vom Serum des Menschenblutes nicht aufgelöst. Diese merkwürdige Tatsache dürfte bei erster Betrachtung recht entscheidend wider eine jede Bestreitung der Abstammungslehre sprechen. Ich glaube aber, daß diese Entdeckung und auch die Übereinstimmung in bezug auf die Plazenta, weit entfernt, zu diesem Ende zu führen, vielmehr einer Betrachtungsweise zuleitet, welche die erörterten Schwierigkeiten und wohl auch alle Ähnlichkeiten, die ewa noch entdeckt werden könnten, prinzipiell aufhebt.

Wir wollen zeigen, daß alle diese Schwierigkeiten im Lichte der wissenschaftlich nicht unzulässigen Hypothese einer autogonen Entstehung der Arten verschwinden. In dem Streite, der sich über die Weltanschauung Karl Ernst von Baers erhob, hat Bunge das Wort ergriffen, um ein

Gespräch, das er einmal mit Baer gehabt hat, der Vergessenheit zu entreißen. Wir wissen hieraus, daß einem Naturforscher wie Baer die autogone Bildung auch des Menscheneies als keine unzulässige Annahme wenigstens zeitweilig erschienen ist. In der Tat sind Hindernisse, die sich der Zulässigkeit dieser Hypothese früher entgegenstellen konnten, heute nicht mehr vorhanden. Solange die Präformationstheorie in irgend einer Form noch einer gewissen Geltung sich erfreute, solange also das Ei der höher organisierten Tiere als ein Inventar aller später zu entwickelnden Organe und Eigenschaften aufgefaßt werden mußte, war es kaum möglich, die autogone Entstehung einer solchen komplizierten Keimanlage anzunehmen. Seitdem aber durch die bekannten Versuche von Pflüger, Driesch und andern Forschern zur Genüge gezeigt worden ist, daß das Ei eine mehr oder weniger isotrope Bildung ist, hat die Hypothese der Urzeugung des Eies einer höher organisierten Tierart nicht mehr Bedenkliches, als die Annahme einer Urzeugung überhaupt. Bunges Einwand gegen die Auffassung Baers richtete sich denn auch nicht gegen diesen Punkt, sondern gegen einen andern. Er wies auf die Hilflosigkeit des ovulum humanum hin und meinte, es hätte ja, wenn es autogon hätte entstehen können, bald zu Grunde gehen müssen. Wir werden also diesem Gegenstande unsre Betrachtung zuwenden müssen.

Für die Erhaltung eines Säugetiereies, dessen autogone Entstehung vorausgesetzt sein soll, würde in erster Linie die Ernährung in Betracht kommen. Wir wissen, daß die Menge des Nahrungsdotters im Gegensatz zum Protoplasma im Ei der Säugetiere eine außerordentlich geringe ist. Die heutige Entwicklungstheorie nimmt aber, gestützt darauf, daß die Eihäute der Säugetiere einen Dottersack mit reichem Gefäßnetz, ein Amnion, eine seröse Hülle und eine Allantois aufweisen, an, daß die Säuger von Tieren abstammen,

die große, dotterreiche Eier besessen haben, ovipar gewesen sind, und bei denen sich infolgedessen die embryonalen Hüllen in gleicher Weise wie bei Reptilien und Vögeln entwickelt haben. Die Eier sollen dann nachträglich ihren Dottergehalt wieder eingebüßt haben.

Diese Annahme (gegenüber welcher übrigens auch an die Darlegung im 1. Kapitel erinnert sei) reicht vielleicht zur Erklärung hin, aber notwendig ist sie nicht. Näher liegt die andre: daß das autogon entstandene Säugetierei einen größern Dotterreichtum aufwies. Dann würde die Bedingung zur Erhaltung und ersten Entwicklung des Eies diesem bereits von Anfang an mitgegeben gewesen sein, und es liegt auf der Hand, daß auch die Ausbildung von Eihüllen als eine weitere Schutzmaßregel aufgefaßt werden kann, die der Entwicklung des Säugetiereies diente. Wenn diese Auffassung zunächst etwas Befremdliches hat, so ist die Ursache davon nur in der Gewöhnung an die andre Anschauung zu suchen, die von der heutigen Entwicklungslehre vertreten wird. Aber es ist gar nicht einzusehen, warum, wenn die Möglichkeit einer selbständigen Bildung eines Säugetiereies nicht geleugnet werden kann, auch nicht eingeräumt werden sollte, daß es die Bedingungen, die wir in andren Tierspezies finden, in sich enthielt — und diese Annahme dürfte gegenüber der andren, wonach das tatsächliche Auftreten der embryonalen Hüllen auf weiter entlegene Ursachen zurückgeführt werden müßte, wenigstens den Vorzug der Einfachheit besitzen.

Die Fortführung der von uns vertretenen Anschauung dürfte wohl erst im weiteren wirklich bedenklich werden. Ich glaube aber, daß sich auch da die Nebel zerteilen lassen, und eine große und eigenartige Klarheit sich auftut. Wir sehen in der ganzen Natur, daß diejenige Form der Amikalselektion, die wir Begattung nennen, nicht streng auf die Art beschränkt bleibt. Allenthalben findet eine Überschreitung der Grenzen statt, die Bastardierung. Ein Forscher, wie

Branco, verschmäht es nicht, die Hypothese auszusprechen, der Pithecanthropus Dubois' könnte ein Bastard aus einem jungtertiären Menschen und einem Menschenaffen sein. Sicher ist nun, daß der Paarungstrieb mit der Sorge für die Brut zusammengeht. Zahllose Beispiele zeigen im Tierreich, daß die Sorge für die Brut gleichsam eine Fortsetzung der Begattung ist. Dürfen wir nun annehmen, daß auch in bezug auf die Funktion der Brutsorge die Speziesgrenzen nicht unüberschreitbar sind, daß es in der Natur wie in Sagen zur Wahrheit wird, daß die Jungen der einen Art von den Eltern einer andern Art gehegt werden? Nicht leicht ist dieser Gedanke zu vertreten; selbst da, wo man ihn für unbedenklich halten möchte, stößt er auf Schwierigkeiten. Adolf und Karl Müller, zwei ausgezeichnete Kenner des Vogellebens, sagen: „Es ist eine Tatsache, die von uns sorgfältig beobachtet worden ist, daß der brütende Vogel die Entfernung eines oder mehrerer Eier oder die Unterschiebung fremder Eier sowie sonstiger Gegenstände alsbald bemerkt, wenn er zum Nest zurückkehrt. Das Befremdetsein über den Eingriff gibt sich deutlich zu erkennen, und erst nach Ablauf einer gewissen Zeit fügt sich der Vogel in sein Schicksal, weil ihn die Bruthitze zur Überleitung der Wärme auf die Eier an das Nest fesselt. Es kommt nicht selten vor, daß ob des störenden Eingriffs Geschrei vom Weibchen erhoben wird, welches das Herbeieilen des Männchens bewirkt, und in dem Gebahren des Paares offenbart sich das sichere Verständnis für die geschehene Veränderung. Wenn der Kuckuck sein Ei in das Nest eines Insektenfressers gelegt hat, erheben die alten Vögelchen oft lang anhaltendes Geschrei, und nur zögernd und von der Störung mißtrauisch erregt, nimmt der Brutvogel sein Geschäft wieder auf. Es ist wahr, daß z. B. Bluthänflinge auf untergelegten Dompfaffeneiern fortbrüten, auch wenn ihnen ihr eigenes Gelege genommen wird. Aber es muß diese Ver-

änderung höchst vorsichtig und zur Zeit geschehen, wo das Hänflingweibchen schon mit voller Hingebung brütet. In manchen Fällen gelingt aber dieser Versuch der Dompfaffenzüchter nicht. Andre Vögel wie Stieglitze, Edelfinken usw. verlassen ebenfalls nach derartiger Störung das Nest; entschiedener noch meiden dasselbe die solchem Trug öfters nicht zugänglichen Ammern, Goldhähnchen, Drosseln, Grasmücken und Laubsängerarten, wenn unter den beiden letztgenannten auch solche sich befinden, die das Kuckucksei nehmen. In solchen Fällen sucht der Brutvogel fremde Gegenstände aus dem Neste zu entfernen, und dies gelingt ihm, wenn er sie mit dem Schnabel packen kann, während er das Ei nicht leicht herauszuwerfen vermag." Aber in der Betrachtung der Natur lernen wir doch auch eine andre Tatsache kennen: daß der Vogel eine weit größere Anhänglichkeit an das ihm ähnlich gewordene Tier besitzt als an das Ei und Nest; und in dieser Anhänglichkeit findet sich der weibliche Vogel mit dem Männchen zusammen, welches der Brut im Beginne der Entwicklung oft recht teilnahmlos gegenübersteht. Liegt hier Gewöhnung vor, oder welcher Instinkt spricht aus dem Grunde der Vogelseele? Ohne uns in weitläufige Vermutungen zu verlieren, können wir es doch als tatsächlich bezeichnen, daß die morphologische Übereinstimmung eine Grundlage der Amikalselektion werden kann, und gestützt hierauf, sehen wir keine unüberwindliche Schwierigkeit mehr in dem Gedanken, daß in einem gegebenen Zeitpunkt der Entwicklung eines autogon entstandenen Individuums der Schutz durch eine andre homologe, gleichsam vikariierende, Art einsetzt. Voraussetzung eines solchen Vikariierens ist eine weitgehende physiologische und eine ihr entsprechende morphologische Homologie. Das Blut, aus dem die Epithelzellen der Milchdrüsen Nahrung sammeln, muß bei „vikariierenden" Arten wesentlich gleich beschaffen sein.

So ersteht vor unserm Auge ein neues Bild der Natur. Sie arbeitet immer zweckmäßig und mit den einfachsten Mitteln. Ihr Leben ist die Spezifität. Diese aufzuheben, und wäre es auch nur in langsamer, stetiger Verwandlung, wäre der Tod, der an das Leben nimmermehr heranreicht. Aber auf dem tiefsten Grunde der Natur ruht das Prinzip der Homologie. Was auf eine und dieselbe Weise erreicht werden kann, wird nicht auf verschiedene Weisen erstrebt. So wirkt das Prinzip der Homologie an einem gerade gegebenen Organismus, aber nur scheinbar ausschließlich an diesem; denn schon legt die primäre Homologie, verstärkt durch konvergente Analogiebildung unter dem Einfluß gleicher äußerer Bedingungen, den Grund zu jener Ähnlichkeit im Jugendalter verschiedener Arten, an welche die Natur nun neuerdings anknüpft, wenn eine neu entstandene Art entwickelt werden soll. Entstanden ist die neue Art wie jede andre — wozu ein neues Prinzip einführen? Und weiter gebildet wird sie durch ein bestehendes Mittel, eine homologanaloge Spezies, indem die direkte Konvergenz in einer ihrer tausendfältigen Formen einsetzt. Indem wir das letzte vereinheitlichende Prinzip an eine schon vorhandene gewisse Einheitlichkeit ansetzen lassen, begehen wir nicht die an andrer Stelle gerügte Trübung des Verhältnisses von Ursache und Wirkung: wir deuten lediglich die Rangordnung der Prinzipien an, von denen jedes eine besondere Einheitswirkung erzeugt. So wird die bestehende Organisation zweckmäßig in den Dienst der werdenden gestellt, und wir begreifen das Schwanken der Artgrenzen und die historische Stufenfolge, die sich in der organischen Natur offenbart, auf einmal auch aus einem andren Gesichtspunkt.

Daß aber in unsrer Betrachtungsweise Kausalität und Finalität sich harmonisch vereinigen, darin erblicken wir keinen geringen Beweis für die Richtigkeit unsrer Anschauung. Denn die heutige Biologie entwickelt sich im Zeichen der

Kategorie der Finalität. Daß diese Kategorie aber hinter der Kausalität in nichts zurücksteht, das hat Eduard von Hartmann in einer sehr präzisen Auseinandersetzung gegen König unwidersprechlich gezeigt. Mag heute noch die Kausalität einseitig unser Denken beherrschen und als ein ewiges Bedürfnis des Geistes vortäuschen, was in Wahrheit nur eine Gewöhnung ist. Möge doch die Erinnerung an einen Gauß, der auch in der Betrachtung der anorganischen Natur den finalen Gesichtspunkt sich nicht versagen konnte, zur Besonnenheit und zur Vorsicht mahnen. Das Ideal der Naturbetrachtung ist die Vereinigung beider Kategorien — und diesem Ideale glauben wir näher gekommen zu sein.



Elftes Kapitel.

Die Spezifität des Lebensgeschehens.

Inhalt.

In der heutigen Biologie ist zwar das Bekenntnis zu einem der beiden großen Heereslager der Mechanisten und der Vitalisten, die einander gegenüberstehen, an der Tagesordnung, aber von einer Durchdringung des Problems, die den Anforderungen der wissenschaftlichen Physik entspräche, kann in den meisten Fällen keine Rede sein. Insbesondere wird der Begriff „Mechanik" mit großer Verständnislosigkeit und sehr mißbräuchlich gehandhabt. Im allgemeinen wähnen sich die „Mechanisten" durch das Streben nach einer „natürlichen" Auffassung der Lebensvorgänge ausgezeichnet; es darf aber versichert werden, daß der vielfach nicht verstandene physikalische Vitalismus eines Driesch nicht weniger von solchem Wollen erfüllt ist.

Die Mechanik ist eine Sonderdisziplin der Physik. Es ist die ungenügende Beachtung dieses einfachen Satzes, was die Flut von Irrtümern in der biologischen Prinzipienlehre heraufbeschworen hat. Allerdings herrscht in der Physik teilweise die Absicht, auch die andern Disziplinen in Mechanik überzuführen, und auch die Meinung, es könnte dies mit der Zeit gelingen; aber solche Absicht und Meinung wird wohl von der weitaus größeren Mehrheit der Physiker heute entschieden verworfen, trotzdem nicht geleugnet wird, daß gewisse allgemeine Charaktere den verschiedensten physikalischen Geschehnissen zukommen. Geleugnet wird aber, daß in jenen Charakteren die ganze Gesetzlichkeit jeder der

in Frage kommenden Erscheinungsgruppen enthalten ist; es wird also die Autonomie der einzelnen physikalischen Disziplinen auf der Grundlage einer allgemeinen Homonomie behauptet. Die Methode, welche die Biologie zu wählen hat, wenn sie ihr Verhältnis zur Physik untersuchen will, kann keine andre sein, als die innerhalb der Physik geübte.

Die empirische Forschung hat ein Prinzip entdeckt, welches die Biologie mit der Physik gemeinsam hat: das Gesetz von der Erhaltung der Energie. Es muß nun gegen Driesch bestritten werden, daß dieses Gesetz ein apriorisches, denknotwendiges sei. Mayer freilich führte es in seiner ersten Abhandlung mit der Begründung ein: e nihilo nihil und causa aequat effectum. Aber Helmholtz, der Mitentdecker des Gesetzes, meinte später: Mayers „metaphysisch formulierte Scheinbeweise für die apriorische Notwendigkeit dieses Gesetzes werden jedem an strenge wissenschaftliche Methodik gewöhnten Naturforscher gerade als die schwächste Seite seiner Auseinandersetzungen erscheinen“. Nach Poincaré „weiß jedermann, daß dieses Gesetz aus experimentellen Tatsachen abgeleitet ist“, und Mach scheint es, das Energieprinzip habe „nur für ein begrenztes Tatsachengebiet Gültigkeit, über welche Grenze man sich nur einer Gewohnheit zuliebe gern täuscht“. Die elektrodynamischen Erscheinungen wollen sich nur schwer in die Botmäßigkeit unter das Prinzip bezw. die ihm (nach der mechanistischen Physik) zu Grunde liegenden Prinzipien der Mechanik und die im Ausgange angenommene Anschauung von Potentialkräften fügen; und die im Gange befindliche Radiumforschung hat den Skeptizismus neu belebt. In der Biologie liegen an Bestätigungen des Energiesatzes vor: für den Pflanzenorganismus namentlich von Wolkoff und van Tieghem, für den Tierkörper namentlich von Rubner; doch auch Bedenken von Bernard, Regnault, Reiset, d'Arsonval, Pflüger, Pfeffer, Kassowitz, Mares und namentlich das grundsätzliche Bedenken

Rosenthals gegen die Lösbarkeit des Problems wegen der Unmöglichkeit, die Energiemenge des Tierkörpers in einem gegebenen Zeitpunkte richtig zu inventarisieren. Allein es sind eben nur Bedenken, die nach dem immerhin nicht zu unterschätzenden Ergebnisse Rubners teilweise geschwunden sind, und keine negativen Instanzen. Man wird daher, zwar vielleicht nicht mit dem Grade der Sicherheit wie für die unbelebte Natur, aber doch mit einem angenäherten, auch für die belebte Natur die Gültigkeit des Energiesatzes annehmen dürfen.

Damit ist für Biologie und Physik — mit Rücksicht darauf, daß die Energiekonstanz wegen ihrer theoretischen Ableitung doch noch meist als ein mechanischer Charakter angesehen wird, könnten wir, cum grano salis, statt Physik Mechanik setzen — zunächst die Gemeinsamkeit nur eines Prinzips erschlossen. Ob die Prinzipien der Mechanik auch sonst für die Biologie gültig sind, ob eine Biomechanik in solchem Sinne möglich und wissenschaftlich erforderlich ist, hängt davon ab, ob die durch diese eine Gemeinsamkeit gewissermaßen prinzipiell durchbrochene Autonomie der biologischen Wissenschaft noch weiter aufgehoben werden kann. Das würde in einer entscheidenden Weise der Fall sein, wenn etwa in dem einen gemeinsamen Prinzip die ganze mechaniche Gesetzlichkeit, und nur diese, enthalten wäre, wenn das Gesetz von der Erhaltung der Energie über die Natur der Kräfte des Systems, für das es gilt, eine eindeutige Aussage machte. Auf diese Frage ist zu antworten, daß das Energiegesetz allerdings außer seinem eigentlichen Inhalte noch eine Kennzeichnung der Naturkräfte als Kräfte, die eine Funktion der Entfernung sind (Potentialkräfte) enthält, und daß es gelungen sein mag, einige scheinbare Widersprüche zu überwinden, daß aber die gewünschte Eindeutigkeit mit Sicherheit nicht zu behaupten, daß es nicht ausgeschlossen ist, daß in der Natur auch Kräfte vorkommen,

die von der Geschwindigkeit oder der Beschleunigung abhängen. Mit dieser Möglichkeit, welche die Wahrscheinlichkeit einer Homonomie selbst der anorganischen Naturwissenschaften verringert, vergrößert sich andrerseits die Wahrscheinlichkeit einer allgemeinen Homonomie der organischen und der anorganischen Naturwissenschaften — auf der Grundlage eines noch umfassenderen Allgemeincharakters, als der ist, den das Energiegesetz darstellt.

Diese Gedankengänge ist E. von Hartmann mit großer Klarheit gewandelt. Die meisten Biologen verbinden dagegen mit der „Biomechanik“ den undeutlichen Sinn, in dem sie Delage vor einigen Jahren als „science nouvelle“ verkündete; nicht anders ist es mit der „Entwicklungsmechanik.“ Eine ganz hervorragende Ausnahme bildet — außer J. Reinke — noch Driesch, dessen tiefe Bemerkungen allenthalben die volle Beherrschung des Problems verraten. Ja, er hat das exakte Verständnis der Lebensphänomene in hohem Maße gefördert, als er das empirisch gewonnene Ergebnis aussprach: Die Örtlichkeit der Differenzierungsphänomene ist die Funktion einer Variabeln (der Systemgröße) und einer (vitalen) Konstanten, deren Kennzeichen ist, immer, unter zureichenden äußeren Bedingungen, das proportional richtige Resultat zu liefern. Aber ich kann nicht zugeben, daß diese Erkenntnis die machinale Natur des Lebensgeschehens widerlegt und seine Autonomie auf das Fundament einer vitalen, nichtmachinalen, nichtextensiven Bedingungsmannigfaltigkeit gründet. Ich bin zur Überzeugung gelangt, daß ein völlig konsequentes Durchdringen der heutigen Physik dahin führt, einen „machinalen“ Charakter mit eben den von Driesch für den vitalen Prozeß entdeckten Kennzeichnungen als die Grundlage aller bekannten Erscheinungen anzuerkennen. In Anbetracht dessen, daß unsre neue Anschauung überaus beweisbedürftig ist, sei eine einläßlichere Begründung gestattet.

Die heutige Mechanik gründet sich auf das Prinzip, welches Galilei und Newton für die Bewegungen in der Natur aufgestellt haben. Das mechanische Weltbild beruht auf der Vorstellung von Bewegungen, deren vorausgesetzte Eigengesetzlichkeit (die Erhaltung der Geschwindigkeit, der Größe und der Richtung nach) nur durch andre Bewegungen verändert wird, die an sich die gleiche allgemeine Eigengesetzlichkeit aufweisen. Die Einfachheit dieser Vorstellung ist eine nur scheinbare. Denn da gleiche Geschwindigkeiten sich nicht addieren lassen, werden in der Tat soviel verschiedene Bewegungen als von Anfang an in der Natur vorhanden angenommen, als heute in ihr zu finden sind. Für die historische Naturbetrachtung vermag also die Grundhypothese der modernen Mechanik nichts zu leisten.

Sehen wir von der Brauchbarkeit des Prinzips für die historische Naturerklärung ab und fassen seine dogmatische ins Auge, so zeigt es sich, daß von seiner Evidenz nicht gesprochen und sogar seine logische Zulässigkeit bestritten werden kann. In seiner „Abhandlung über Dynamik“ spricht d'Alembert aus, daß die Meinung, die Bewegung sei ihrer Natur nach gleichförmig, keineswegs eines ungeteilten Beifalls sich erfreue, und daß die Evidenz des Satzes „bisher“ nicht bewiesen sei. Allein auch dieser scharfsinnige Denker, der den Streit über das wahre Maß der Kräfte so glücklich entschied, lieferte für den Trägheitssatz nur einen sehr anfechtbaren Scheinbeweis, und auch heute noch führt die logische Analyse des Satzes unlösbaren Widersprüchen zu.

Es ist daher unerläßlich, das erste Prinzip der Mechanik immer wieder dem Urteile der empirischen Instanz zu unterbreiten.

Da ist zunächst die alte Empirie zu revidieren, aus der das Prinzip abgeleitet ist. Grundlegend war die an der Fallmaschine gemachte Wahrnehmung, daß nach Beseitigung des Übergewichts der fallende Körper in dem erlangten Bewegungs-

zustande beharrte. Das war Erfahrung. Erfahrung ist aber auch, daß das Gewicht an der Fallmaschine nach Beseitigung des Übergewichts endlich doch zur Ruhe kommt. Daß in dem zwischen den Zuständen der Beschleunigung und der Verzögerung liegenden Zustande der Gleichförmigkeit die mechanische Ursprungsgesetzlichkeit sich offenbart habe, daß diese bei Ausschluß der Bedingungen der Reibung und des Luftwiderstands manifest geblieben wäre, ist ein Schluß — zwar aus der Erfahrung, aber doch ein solcher, der über alle mögliche Erfahrung hinausgeht. Es muß erinnert werden, daß nach Huygens ein beliebig schwerer Körper, auf den die beschleunigende Kraft wirkt, nach Durchmessung eines sehr großen Raumes gerade durch den Luftwiderstand zu einer gleichförmigen Bewegung gelangen wird, wie dies erfahrungsgemäß schon nach Durchmessung eines kleinen Raumes bei einer fallenden Korkkugel stattfindet. Man könnte nun weiter spekulieren: Der Luftwiderstand, der allmählich die beschleunigende Kraft aufhob, und so die beschleunigte Bewegung in den Zustand der Gleichförmigkeit überführte, wird endlich auch die Verzögerung und die Ruhe herbeiführen; so dürfte das Trägheitsgesetz nur wieder eine Bestätigung erfahren haben. Aber steht etwa empirisch fest, daß in dem Zeitteile, wo die Bewegung eine genau gleichförmige geworden, alle auf die Bewegung wirkenden Kräfte sich genau zu Null kompensiert haben, so daß dann das Gesetz der Eigenbewegung in voller Klarheit hervortreten müßte? oder läge nicht vielmehr umgekehrt der Schluß vor von dem Eintreten der Gleichförmigkeit auf die Aufhebung der fremden Wirkungen — also eine Petitio des zu beweisenden Prinzips? Sollte es uns nicht anstehen, anstatt Bedingungen aus der Natur wegzudekretieren, die in ihr nun einmal vorhanden sind, und zu bestimmen, was dann geschehen soll, es Huygens gleich zu tun (der aus dem untersuchten Falle einfach folgert, daß eine konstante Beschleuni-

gung niemals mit absoluter Genauigkeit innegehalten wird) und für unsern Fall auszusagen: die Konstanz der Geschwindigkeit ist keine absolute? Oder sollte es strenger Wissenschaft mehr entsprechen, eine Bewegungsform zur absoluten zu erheben, die, wie gezeigt, von einer gewissen Relation der fremden Wirkungen (welche nicht Null zu sein braucht) abzuhängen scheint, diese Bewegungsform als unbedingte zu setzen, wenn sie, wie die Erfahrung lehrt, unter bestimmten Bedingungen eintritt?

Es dürfte aber vielleicht genügen, den Wortlaut des untersuchten Erfahrungsschlusses etwa im Sinne der Energetik zu berichtigen und zu sagen: die Bewegung wird bei Ausschluß der Bedingungen für den Umsatz in Wärme (und in irgend eine andre Energie) ihrer Ursprungsgesetzlichkeit gemäß gleichförmig bleiben? Als Antwort wagen wir endlich die Frage: Wie, wenn die mit dem Scheine unanfechtbarer Denknotwendigkeit umkleidete axiomatische Voraussetzung, daß die Bewegung ein Ursprungsgesetz ihr eigen nenne, im Lichte der Tatsachen zweifelhaft würde, wenn die Erfahrung zeigte, daß die Beseitigung der Bedingungen, unter denen eine Bewegung geschieht, am Ende diese selbst aufhebt, ohne den eingebildeten Rest einer absoluten, dem Energieaustausch entzogenen, unenergetischen Bewegung zurückzulassen, wenn gerade die Energetik lehrte, daß eine Bewegung Ursprung, Gesetz und Dauer immer nur aus einer andren Energie schöpfen kann — und so die ehemalige Denknotwendigkeit der „Bewegung an sich“ in eine Denkunmöglichkeit verwandelte?

Wir haben den Gesichtspunkt gewonnen, der unsre Untersuchung weiter leiten wird. Dies gilt als der eigentliche Beweis des ersten Prinzips der Mechanik, daß es der gesamten Mechanik, der himmlischen wie der irdischen, zu Grunde gelegt werden kann. So leistet die Trägheit als grundgesetzliche Eigenschaft der Bewegung auch der Er-

klärung krummliniger Bewegungen gute Dienste. Es wird das gleichzeitige Auftreten einer Tangential- und einer Normalbeschleunigung angenommen und sodann die zuerst von Maclaurin 1742 geübte Methode angewandt, die beschleunigenden Kräfte nach festen Achsen rechtwinkliger Koordinatensysteme zu zerlegen und so die Lösung der Aufgabe auf die Gleichungen geradliniger Bewegungen zurückzuführen. Daran knüpft sich die ebenfalls im Jahre 1742 von Clairaut aufgestellte Theorie der relativen Bewegung unter Einführung fiktiver Kräfte, welche von Coriolis 1831 und 1835 der mathematischen Vollendung entgegengeführt wurde. Die mathematische Vollendung bedeutet aber keineswegs auch einen widerspruchsfreien Einklang mit der Erfahrung, wenn sie auch vielfach einen solchen vortäuscht. Neben und über die mechanische Empirie ist eine neue, die energetische, getreten, und es wird für das Schicksal des ersten mechanischen Prinzips wichtiger sein, wenn es mit der formulierten, mehr umfassenden, energetischen Empirie, mit deren Hauptsätzen, in Einklang zu bringen ist, als wenn es der mechanischen Tatsachengruppe leidlich auf den Leib paßt, von dem es abgezogen ist.

Wir werden nun die beiden Hauptsätze der Energetik in Beziehung darauf diskutieren, was sie über die natürlichen Bewegungen aussagen. Dabei werden wir den zweiten Hauptsatz zuerst untersuchen müssen, da er nicht nur geschichtlich, sondern auch logisch dem ersten vorangeht. Der zweite Hauptsatz drückt die Gesetzmäßigkeit des Geschehens in allgemeiner Weise aus; diesem allgemeinen Ausdruck fügt sich der im ersten Hauptsatze enthaltene als ein engerer, von größerem Bestimmungswerte, an. Daß das Verhältnis der beiden Sätze in Wahrheit dieses ist, ist freilich eine Voraussetzung, die aus der herrschenden Auffassung nicht zu ersehen ist; dieser gilt der erste Hauptsatz, das Gesetz von der Erhaltung der Energie, als das allgemeinste Gesetz des

Geschehens, während der zweite das Geschehen spezieller charakterisieren soll — seine Richtung angibt, wie meist gesagt wird.

Bekanntlich hat Carnot den zweiten Hauptsatz aus zwei Annahmen abgeleitet, von denen die eine richtig ist, die andre irrig war. Richtig war die Annahme von der Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile, irrig die von der Erhaltung des Wärmestoffes. Daß aus irriger Voraussetzung gleichwohl eine Erkenntnis entspringen konnte, mit der die Tatsachen übereinstimmen, dies weist darauf, daß jene Erkenntnis sehr allgemeiner Natur sein muß: so allgemeiner, daß sie unbeschadet ihres Wahrheitsgehaltes auch die Verkennung des äquivalent-energetischen Wesens der Wärme, also den Widerspruch gegen den ersten Hauptsatz, mitumspannen konnte. Carnots Satz behauptet, daß bei einer vollkommenen Maschine (d. h. bei einer solchen, die eine Umkehrung des geschlossenen Kreises der Transformationen gestattet), die eintretende bewegende Kraft durchaus nicht von „intensiven" Bedingungen abhängt: gewiß nicht von einer den Körpern immanenten Bewegungsweise, überhaupt nicht von irgend einer Substanz der Körper, also auch nicht von einer bestimmten Eigenwärme der Körper, sondern von den Temperaturen der Körper, zwischen denen der Wärmeaustausch geschieht. Man kann dem Satze Carnots auch die Form geben: Es gibt keine konstanten Intensitäten. Oder: Ein energetisches Geschehen setzt eine Änderung in der Intensität der Energie voraus als Folge von deren Beziehung zu einer andren Energie. Diese allgemeine Aussage läßt offenbar eine hinreichende Freiheit für den ergänzenden Sinn des ersten Hauptsatzes übrig: daß bei der Beziehung einer Energie zu einer andren allerdings eine Konstante auftritt, nämlich das Verhältnis der Intensitätsänderung der einen Energie zur Intensitätsänderung der andren. Schon der zweite Hauptsatz berichtet, daß niemals ein energetisches Einzelgeschehen,

immer ein Doppelgeschehen stattfindet (im Satze Carnots: das Eintreten von Bewegungsintensität, verbunden mit Änderung der Wärmeintensität, oder — noch allgemeiner — mit einem Wärmeprozeß): erst der Satz von der Erhaltung der Energie bestimmt das Verhältnis dieser beiden Variationen.

Die für den zweiten Hauptsatz bisher vorgeschlagenen engeren Fassungen, die ihn methodologisch dem ersten beiordnen oder unterordnen sollen, sind kaum einwandfrei. Gegen die bekannte Fassung von Clausius brachte namentlich Hirn Einwürfe, die dartun sollten, daß in gewissen Fällen Wärme von einem kälteren zu einem wärmeren Körper übergehen könne. Doch sind Hirns Einwände leicht zu widerlegen. Weit bedenklicher ist aber die Bemerkung von Th. Groß, daß in dem geschlossenen galvanischen Stromkreise ohne äußere Einwirkung eine Verwandlung von Wärme niedrigerer Temperatur in solche höherer stattfindet, indem die aus chemischer Wärme resultierende Stromwärme auf dem Leitungsdrahte durch Vergrößerung von dessen Widerstand eine sehr hohe Temperatur annehmen kann. Man wird Groß zugeben müssen, daß, wenn dieser Wärmeübergang keinen Widerspruch gegen den Satz von Clausius bilden soll, darin Unterscheidungen zwischen mittelbaren und unmittelbaren Übergängen werden aufgenommen werden müssen, die aber hypothetisch bleiben werden und nicht scharf zu begrenzen sind.

Was nun den vielfach üblichen, ganz speziellen Ausspruch des zweiten Hauptsatzes betrifft, Wärme könne nur unvollständig in Arbeit verwandelt werden, so hat Planck in treffender Weise auf die ausdrücklich in seiner Wärme bestehende Energie eines vollkommenen Gases hingewiesen, die, wenn man das Gas sich unter Arbeitsleistung ausdehnen läßt und seine Abkühlung durch gleichzeitige Wärmezufuhr aus einem Wärmereservoir von großer Kapazität und von der nämlichen Temperatur verhindert, unverändert erhalten

wird; der vom Reservoir hergegebene Teil der Wärme wird somit in diesem Falle vollständig in Arbeit verwandelt. Auch die Form des zweiten Hauptsatzes, die auch ihm den Charakter eines Erhaltungsgesetzes geben möchte, indem sie die Erhaltung der freien Energie ausspricht, ist ebenso wenig befriedigend, wie die prinzipielle Betonung der Verminderung der freien Energie. Es kann zur Zeit nicht entschieden werden, ob die durch die Wärmeleitung stattfindende Verminderung der freien Energie einen Ausnahmefall bildet, oder ob ein allgemeines Gesetz vorliegt, das sich etwa — gemäß einer gelegentlichen Andeutung Ostwalds — auf allgemeine Dissipationserscheinungen mit langsamerem Verlaufe bezieht.

An einer unzureichenden Erfahrungsgrundlage leidet auch die scheinbar sehr solide Fassung, in die Planck den Kern des zweiten Hauptsatzes gekleidet hat. Der Satz soll ausdrücken, daß die in der Natur stattfindenden Prozesse sich nur in einer Richtung ausführen lassen, daß es also unmöglich ist, einen einmal vollzogenen Prozeß rückgängig zu machen, ohne daß anderweitige Änderungen in der Umgebung zurückbleiben. Die allein entscheidende Erfahrung zeigt in der Tat eine Anzahl unumkehrbarer Vorgänge. Ist aber das Bild der Unumkehrbarkeit, das in der Natur sich zeigt, in jedem Falle auch gleichbedeutend mit der spezifischen „Unumkehrbarkeit“, die das Gesetz fordert? Wir vernehmen die Antwort: nein. Man vergleiche zwar häufig und „mit Recht“ die lebendigen Kräfte zweier mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegter Massen mit den Wärmemengen, welche in zwei Körpern von verschiedenen Temperaturen enthalten sind; denn die Differenz der Geschwindigkeiten bezw. der Temperaturen entscheide durch ihr Vorzeichen, in welchem Sinne bei einer Kommunikation der beiden Körper ein Prozeß eintritt. Allein es sei doch als maßgebend zu beachten, daß im ersten Falle der Prozeß

mittelst geeigneter Vorrichtungen sich vollständig, also ohne Veränderungen in der Natur zurückzulassen, rückgängig machen läßt, im zweiten nicht; zur vollständigen Wiederherstellung des Anfangszustandes würde gehören, daß die dazu benutzten Vorrichtungen nach Beendigung des ganzen Prozesses sich wieder in ihrem ursprünglichen Zustande befinden. — Selbst wenn wirkliche Erfahrung die Unumkehrbarkeit aller Naturvorgänge außer Zweifel gesetzt hätte, würde die eingeführte Unterscheidung dieser Einsicht viel von ihrer Entschiedenheit rauben. Denn die Unterscheidung echter und unechter unumkehrbarer Prozesse läuft auf die Unterscheidung unumkehrbarer und umkehrbarer Maschinenbedingungen hinaus. Gibt es aber umkehrbare Maschinenbedingungen, so hindert nichts, anzunehmen, daß auch die echten unumkehrbaren Prozesse bezw. ihre unumkehrbaren Umkehrungsvorrichtungen zuletzt von an sich umkehrbaren Maschinenbedingungen abhängen. So würde denn die kritisierte Fassung kaum mehr ein allgemeines Naturgesetz, sondern die summarische Feststellung enthalten, daß die Naturvorgänge von einem unermeßlichen, undurchsichtigen und unbeherrschbaren Bedingungskomplex abhängen. Immerhin birgt diese Formulierung Ansätze zu jener besonderen Betrachtung der natürlichen Bewegungen, der wir zusteuern. — Es muß aber noch bemerkt werden, daß selbst die eingangs zugelassene Voraussetzung, wirkliche Erfahrung habe die Unumkehrbarkeit aller Vorgänge außer Zweifel gesetzt, nicht zutrifft. In der Tat ist nur eine beschränkte Anzahl solcher Vorgänge bekannt; es soll aber bewiesen werden können, daß dies genüge, um eine unendlich große Anzahl andrer unumkehrbarer Prozesse hieraus abzuleiten; umgekehrt soll jede einzelne nachweisbare Lücke den zweiten Hauptsatz durchaus hinfällig machen. Der Boden der wirklichen Erfahrung wird also eingestandenermaßen verlassen. Überdies wurde ja, wie wir sahen, das

Vorhandensein umkehrbarer Prozesse zugegeben: nur wurde das Recht, hieraus für unsre Frage zu folgern, durch die Einführung einer hypothetischen Unterscheidung geschmälert.

Jeder Versuch, den zweiten Hauptsatz enger zu interpretieren, als wir es in unmittelbarer Anlehnung an Carnots Satz getan, dürfte immer wieder auf Schwierigkeiten stoßen. Uns will es scheinen, daß die von hervorragenden Theoretikern der Energetik, wie Helm und Oswald, bevorzugten Fassungen der unsrigen nicht ferne stehen, und daß die immerhin festgehaltene Unterordnung unter den ersten Hauptsatz eine solche mehr der Form als der Sache nach ist.

Insbesondere — und damit kehren wir aus vorbereitenden Allgemeinbetrachtungen zur eigentlichen Betrachtung unsrer Aufgabe zurück — ist eine speziellere Beziehung des zweiten Hauptsatzes auf die Theorie der natürlichen Bewegungen, als die ist, welche von unserer Auffassung des Satzes zugelassen wird, nicht hypothesenfrei. Eine „Mechanisierung" des zweiten Hauptsatzes läßt sich kaum durchführen. Ein Mittelwertsatz für Molekulargeschwindigkeiten (als welcher der zweite Hauptsatz vom kinetischen Standpunkte angesehen wird) scheint, wie auch Helmholtz zugegeben hat, gegenüber gewissen Erscheinungen zu versagen. Während der erste Hauptsatz aus den Prinzipien der Mechanik abgeleitet werden kann, ist die mathematische Zurückführung des Clausiusschen Satzes auf die engere mechanische Begriffsgrundlage nicht nur Clausius, sondern, wie Poincaré in seiner „Thermodynamik" scharfsinnig ausgeführt hat, auch Helmholtz mißlungen. Endlich wollen wir auch nicht unerwähnt lassen, daß uns die metaphorische Anwendung des Begriffs der Richtung, der nur dem Intensitätsfaktor der Bewegungsenergie zukommt, auf andre energetische Prozesse sinnverwirrend und unzulässig erscheint.

Wir werden also aus dem zweiten Hauptsatze zunächst nur dies folgern dürfen: daß es keine freie Bewegung geben

kann; daß die Laufgrenzen einer Bewegung durch den Erzwingungspunkt und den Bezwingungspunkt bezeichnet werden; daß in diesen beiden Punkten, wie auch in jedem dazwischenliegenden Laufpunkt, eine fremde Energie als mittelbare oder unmittelbare Zwangsursache wirkt; daß somit eine Zunahme oder Abnahme oder Erhaltung der Geschwindigkeit aus einer andren Ursache als aus einer Zwangsursache unmöglich ist. Diese Folgerungen bedeuten aber einen fundamentalen Widerspruch gegen das erste Prinzip der Mechanik.

Es folgt hieraus, daß der einzige scheinbar einwandfreie Versuch, der unternommen wurde, um den ersten Hauptsatz der Energetik (dem wir uns nunmehr zuwenden) mit dem ersten Prinzip der Mechanik zu versöhnen, verfehlt ist. Das Gesetz von der Erhaltung der Energie — führt Ostwald aus — beziehe sich auch auf die Vorgänge, bei denen kein Energieaustausch stattfindet, und berichte dann, daß die vorhandene Energie ihren Wert und ihre Art beibehalte; an einem sich selbst überlassenen Körper müsse also außer der Masse auch die Geschwindigkeit, und zwar der Größe und der Richtung nach, unverändert bleiben. Hiergegen ist zu sagen, daß das Gesetz von der Erhaltung der Energie seinem wissenschaftlichen Sinne nach ein Äquivalenzgesetz ist, sich also nur auf Vorgänge mit Energieaustausch bezieht; es geht somit nicht an, die Voraussetzung fortzudenken, unter der das Gesetz aufgestellt wurde, und sich dann auf das Gesetz zu berufen — zumal wenn die fortgedachte Voraussetzung den Inhalt eines andren Gesetzes ausmacht, welches zugleich das Wegfallen der Voraussetzung als eine Irrealität kennzeichnet. Soweit übrigens der supponierte Fall in der Natur annähernd verwirklicht erscheint, nämlich in den Bewegungen auf einer Wagfläche mit minimaler Reibung, kann doch die Bewegungslinie nur für eine nicht zu große Strecke als eine Gerade angesehen werden.

Die gewünschte Übereinstimmung läßt sich also nicht konstruieren, und wir werden entsprechend der bereits gewonnenen Erkenntnis die Bewegung, auch da, wo sie gleichförmig ist, als eine zwangsläufige betrachten. Die wirkliche Erfahrung weist absolute Gleichförmigkeit der Bewegung nicht einmal als Funktion bestimmter Flächen oder Linien auf. Dagegen entspricht es der Erfahrung, einen Unterschied zu machen zwischen der Intensität der Zwangsursachen in den Punkten einer Waglinie und der Intensität der Zwangsursachen in den Punkten einer Senklinie, und überhaupt für die Intensität der Zwangsursachen im Raume an verschiedenen Punkten verschiedene Werte anzunehmen. Der Erfahrungsraum ist somit zu definieren: als ein machinales System von besonderer Bestimmtheit innerhalb der allgemeinen Regel, daß die Geschwindigkeit eine Funktion eines Raumpunktes ist.

Dieser Satz, auf den bereits die Entwicklung des zweiten Hauptsatzes führte, schöpft eine größere Bestimmtheit aus dem ersten Hauptsatze, wenn dieser auf die Bewegungsenergie bezogen wird. Während wir bisher nur feststellen konnten, daß die Geschwindigkeit eine Funktion eines Raumpunktes ist (wobei wir unter Raumpunkt den Ausdruck einer machinalen Bedingungsmannigfaltigkeit verstanden haben), die Frage aber noch offen blieb, ob ein Raumpunkt eine Variable oder eine Konstante sei, lehrt der erste Hauptsatz, daß er eine Konstante ist. Es muß also in einem bestimmten Raumpunkte zu verschiedenen Zeiten die gleiche Geschwindigkeit vorhanden sein. Ein materieller Punkt, der einen Weg beschreibt, wird daher, in seine ursprüngliche Lage zurückgekehrt, neben seiner unveränderten Masse auch eine unveränderte Geschwindigkeit aufweisen. Man pflegt in diesem Falle zu sagen, die Energie sei unabhängig vom zurückgelegten Wege. Man wird sich richtiger ausdrücken: die Energie ist unabhängig von der Zeit, in welcher der Weg

zurückgelegt wird. Denn vom Wege ist die Energie insofern nicht unabhängig, als jeder Wegpunkt den folgenden, und ihre Gesamtheit die Kompensation aller unterwegs ein- und austretenden Energien gemäß dem Gesetze der Äquivalenz bedingt. Dieses Gesetz wird durch die beanstandete Fassung allerdings deutlicher gemacht. Aber unsre Fassung gewährt die tiefere Einsicht, daß die Erhaltung der Energie auf nichts andres sich gründet, als auf die Erhaltung der machinalen Bedingungsmannigfaltigkeit des Raumes in der Zeit.

In unsrem besonderen Falle ist das Gesetz von der Erhaltung der Energie identisch mit der der Erfahrung entsprechenden Gleichung Galileis, welche die von einem schweren Körper beim Falle aus einer Höhe h erlangte Geschwindigkeit anzeigt. Diese ist bekanntlich unabhängig vom durchmessenen Wege. Formt man die Gleichung um in $\frac{v^2}{2} - gh = 0$, so stellt das erste Glied, wenn die Masse als 1 angenommen wird, die kinetische Energie, $-gh$ die potentielle Energie des Körpers (bis auf eine Konstante) dar, und die Gleichung berichtet, daß die Energie des Körpers erhalten bleibt. Da g vom Äquator nach den Polen im Verhältnisse des Quadrates des Sinus der geographischen Breite zunimmt, ist die Bewegungsenergie eine auch in den verschiedenen Punkten der Wagfläche wechselnde, in jedem einzelnen Punkte aber (bei gleichbleibendem h) unveränderliche Funktion des Raumes.

Die im Raume vorhandene Wirkungsweise nennen wir eine machinale. Wir erkennen sie als die Kundgebung einer wirklichen Maschine, indem wir diese als eine räumliche Mannigfaltigkeit definieren, in der jedem räumlichen Dinge ein bestimmter unveränderlicher Effekt zugeordnet ist. Die Maschinenbedingungen unsres Raumes sind unabhängig von der Zeit. Auf diese Eigenschaft gründet sich die Er-

haltung der Geschwindigkeit bezw. der Bewegungsenergie in jedem Raumpunkte; auf ihr beruht auch die Energieerhaltung überhaupt, indem auch die Bedingungen, von denen die einmal erfolgte Zuordnung der andren Energieen zur Bewegungsenergie und zu einander abhängt, in der Zeit absolut oder relativ unveränderlich sind. Im übrigen sind wir der Meinung, daß der Weg zum tieferen Wissen von den Bedingungen unsres Raumes, wenn es einen solchen gibt, nicht durch die Spekulation, sondern durch das analytische Studium unsres Erfahrungsraumes führt.

Dieser Erforschung muß als allgemeine Tatsache der analytischen Erfahrung außer der allgemeinen Regel eine zweite vorangestellt werden, welche die erste ergänzend abschließt. Bei jeder willkürlichen Begrenzung unsres machinalen Raumes innerhalb seiner wirklichen Grenzen bleibt für jeden der so gebildeten Räume die Wirkungsregel erhalten. Wir bezeichnen diese merkwürdige Eigenschaft des Raumes als seine dynamische Teilbarkeit und rechnen sie der machinalen Bedingungsmannigfaltigkeit zu, die dem endlichen (einheitlichen oder zusammengesetzten) Raume (mit dem unser Erfahrungsraum sich deckt oder von dem er ein Teil ist) zu Grunde liegt.

Wir haben also erkannt, daß die machinale Wirkungsweise, die dadurch gekennzeichnet ist, daß jedem Orte eine nach Richtung und Geschwindigkeit bestimmte Bewegungsfunktion zugeordnet, und daß der machinale Raum dynamisch teilbar ist, eine allgemeine Eigenschaft unsres gesamten Erfahrungsraumes ist. Wenn somit genau dieselbe Wirkungsweise den Bezirk der organischen Entfaltung beherrscht: wenn die im Wachstume fortschreitende Differenzierung bei beliebig veränderbarer Systemgröße von jedem Orte aus so gerichtet wird, daß die Proportionen nicht verschoben werden, so weist der organische Wachstumsraum alle entscheidenden Merkmale des machinalen Geschehens auf. Gerade die phy-

sikalische Betrachtung deutet aber auch an, daß als an die causa efficiens dieses Effekts an eine extensive Bedingungsmannigfaltigkeit gedacht werden muß. Ich kann demnach Driesch, dessen Analyse des Lebensgeschehens ich nicht nur objektiv und als sachlich bisher unwiderlegt, sondern auch subjektiv in ihrer hohen Bedeutung für unsren theoretischen Zweck bewundernd anerkenne, nicht zugeben, daß die Biologie eine autonome Wissenschaft in seinem Sinne sei. Ich weiß mich in dieser Kardinalfrage Reinkes Dominantentheorie näher und kann auch in dem von Bütschli erhobenen Vorwurf, die Dominanten Reinkes seien nichts weiter als die besonderen Bedingungen des Systems, in der Tat nur einen Wortstreit erblicken, auf den es hier gar nicht ankommt. So gut wir im vorstehenden — wohl ohne Abbruch für die Klarheit der Anschauung — als mittelbare und unmittelbare machinale Zwangsursachen der Bewegung „fremde Energieen" einführten und nachher ganz allgemein von der „machinalen Bedingungsmannigfaltigkeit" sprachen, die sowohl in jedem Raumpunkte wirkt, als auch hinter dem machinalen Raume steht, die in die Anschauung sowohl als „Struktur" als auch als „Kraft" eingeht, so gerechtfertigt ist in sich die Bemerkung Reinkes: „Meinesteils zerlege ich jene Maschinenbedingungen in Struktur und Kraft und nenne die letzteren Dominanten, doch ist auch für mich der Kraftbegriff kein Grundprinzip, sondern eine Hilfskonstruktion, ein Symbol für etwas wirkendes. Die Dominanten sind das Wirkungsvermögen der Struktur. Zieht jemand es vor, anstatt von Dominanten von Maschinenbedingungen eines Organismus oder des Protoplasmas zu sprechen, so bin ich auch damit einverstanden. „Maschinenbedingungen" ist ein terminus technicus der Mechanik, nicht aber „Bedingungen" schlechtweg; unter sie würde man auch die Betriebsenergie subsumieren können." Die Dominanten sind eine extensive Mannigfaltigkeit, d. h. sie können so ange-

schaut werden. „Intensives“, „Dynamisches“ sind Begriffe ohne jegliche Anschauung oder doch mit der erschlichenen Anschauung eines „Extensiven“. Ich wende diese Begriffe stets nur dort an, wo ich nur negieren will: nämlich die Greifbarkeit der extensiven Ursachen. So habe ich von dynamischen Realitäten hinter den Chromosomen, von dynamischen Wachstumszonen, von der dynamischen Teilbarkeit des Raumes gesprochen. Jedes Geschehen spielt für unsre Auffassung zwischen „Extensitäten“; „intensiv“ ist — vom besonderen Terminus der Energetik abgesehen — die erkenntnistheoretische oder metaphysische kausal-finale Beziehung zwischen ihnen; naturwissenschaftlich darf der „Zweck“ so wenig als Kraft hypostasiert werden, wie die „Ursache“ — was wir „Zwangsursache“ nannten, ist eine Extensität, in Beziehung auf welche die gleichfalls extensive Zwangsfolge verursacht und bezweckt erscheint.

Aber ich könnte andrerseits mich nicht dazu verstehen, durch Charakterisierung der Dominanten als Ausfluß einer „Intelligenz“ doch noch auf der Basis des Mechanismus, zu dem Reinke sich bekennt, eine gewisse Autonomie der Lebensvorgänge zu begründen, und in dieser Beziehung halte ich die Beschränkung auf die Differenzierungsregel des wachsenden Organismus für eine Vorstellung, die den Zwecken der theoretischen Biologie mehr entspricht. Ich meine, daß die Finalität, trotzdem sie in der Betrachtung der Lebensprozesse auf Schritt und Tritt sich zeigt, so wenig ein besonderes Prinzip des organischen Geschehens ist, als die Kausalität ein besonderes Prinzip des anorganischen Geschehens. Zwischen den beiden Polen Kausalität und Finalität verläuft alles Naturgeschehen: in der anorganischen Naturwissenschaft wird das kausale Prinzip, in der organischen das finale mehr sichtbar. Der Unterschied ist ein phänomenologischer, kein essentieller. Die angebliche „Unklarheit“ der Lebensvorgänge beruht auf der noch herrschenden Unklarheit über diese Beziehung. Betrachtungen, wie sie

E. von Hartmann über das Prinzip der kleinsten Wirkung angestellt hat, sind geeignet, den Gedanken einer auf den Gegensatz von kausal und final sich gründenden Autonomie zu erschüttern. Mir scheint, die Supponierung „höherer“ Zwecke im vitalen Prozesse ist nicht frei von einer gewissen anthropozentrischen Befangenheit; begrifflich wäre zu bemerken, daß die Finalität, die sich in einem das weite Ziel vorbereitenden Vorgange ausdrückt, keine „niedrigere“ Finalität ist, eher eine weitergespannte. Die Biologie hat demnach als Wissenschaft alle Veranlassung, die finalen Zusammenhänge aufzudecken und sich ihrer heuristisch zu bedienen, aber gar keine Veranlassung, auf der Finalität eine autonome Prinzipienlehre zu errichten.

Ich kann zuletzt die Autonomie des Lebensgeschehens nur als mit seiner Spezifität zusammenfallend erachten. In dem oft angezogenen Vergleiche des Kristalls zeigt sich in der Tat eine nicht unwesentliche prinzipielle Übereinstimmung. Auch hier realisiert sich die örtlich proportionierte Funktionalität noch an jedem Fragmente; und mehr oder weniger „notwendig verknüpft“ mit der Form treten andre Eigenschaften im wachsenden Kristall hervor. Aber dieses Wachstum ist in sich ein typisch gleiches. Der Kristallorganismus legt sich regelmäßig nicht vermöge nach Richtung und Geschwindigkeit verschiedener Differenzierungsprozesse in Teile auseinander. Mit dem organischen Prinzip der Wachstumsrelation tritt ein neues Prinzip auf, das der Spezifität. Das Kristallwachstum funktioniert gleichsam auf einer Wagfläche, das organische auf einer Senkfläche. Und wie die Spezifität den Grund zu in sich autonomen Individuen legt, hebt sie sich als ein spezialisiertes und so gewissermaßen autonomes Prinzip von der Unterschicht der allgemeinen machinalen Homologie ab. Die von Driesch festgestellte Unzerstörbarkeit der organischen Differenzierungsregel beweist aber zuletzt nichts andres als die Herrschaft des Gesetzes von der Erhaltung der Spezies.

Zwölftes Kapitel.

Der Begriff der Spezies und die rationelle Organisationslehre.

Inhalt.

Erkenntnistheoretische Lösung des Konfliktes zwischen Realismus und Nominalismus in bezug auf das Artproblem. — Eine neue Anschauung der Spezies. — Wege und Ziel der rationellen Organisationslehre. — Der Verfall der deszendenztheoretischen Methoden.

All der Hader, den in älteren Zeiten der Gegensatz von Realismus und Nominalismus entfachte, scheint wieder aufzuleben, sobald in der Biologie auf den Begriff der Spezies eingegangen wird. Schon im Jahre 1821 hat Karl Ernst von Baer den Artbegriff sorgsam untersucht. Seither teilten sich die Meinungen der Biologen in der wesentlichen Frage, ob die Spezies lediglich eine Abstraktion sei, oder ob ihr etwas Reales entspreche. Agassiz nennt die Spezies eine „ideal entity.“ Von den Neueren sagt Fleischmann in seiner Opposition gegen die Abstammungslehre, der er namentlich auch die logische Zulässigkeit in bezug auf die Problemstellung bestreiten will: „Aus der bunten Welt der Mannigfaltigkeit baut das zoologische Denken ein System von Art- und Gattungsbegriffen auf, eine begriffliche Welt von formalen Beziehungen, eine Auswahl von topographischen und morphologischen Eigenschaften des Tierkörpers, leb- und empfindungslos, ohne Fleisch und Farbe, frei von jedem Erdgeruch, ein Tierreich logischer Beziehungen.“ Im Gegensatz dazu würden die meisten Biologen, philosophischer Abstraktionen ungewohnt, die Frage kurzerhand dahin entscheiden, daß selbstverständlich der Art eine reale Gesamtheit einzelner, durch gewisse einheitliche Merkmale gekennzeichneter, Wesen entspreche. So einfach liegt aber die Sache nicht. Besonders ist die Notwendigkeit nicht von der Hand zu weisen, die vielfach sich verflüchtigenden Artmerkmale so durch eine

ausgeprägte Charakteristik zu ersetzen, daß sich in der Anschauung bei der Betrachtung eines einzelnen Mitgliedes einer Spezies sofort und mit untrügerischer Deutlichkeit der Artcharakter festsetzt, nicht aber erst mühsam, mehr gedanklich als anschaulich, erschlossen werden müßte. Denn der Gegensatz zwischen Realismus und Nominalismus spitzt sich erkenntnistheoretisch für uns auf die Frage zu: ob etwas unmittelbar in unsrer Anschauung erscheint oder ob es auf dem Umwege einer begrifflichen Operation zu einer meist dunkel bleibenden Anschauung in uns sich gestaltet. Wenn man in der Tat bisher außer stande war, eine hinreichende Artdefinition zu geben, so folgt daraus nicht der von Darwin und seinen Anhängern gezogene seltsame Schluß, daß die Arten veränderlich sind, sondern nur der Schluß, daß unsre heutige Systematik auf ein Prinzip sich gründet, welches seinen Zweck nicht erfüllt.

Wir sind nun in der Lage, die Artunterschiede vollkommen hinreichend zu charakterisieren. Von den üblichen morphologischen Merkmalen ist nach dem Gesagten ein ausgiebiger Gebrauch kaum zu machen. Erhält sich dieses systematische Prinzip, so wird immer wieder mit Recht der Zweifel auftauchen, ob wir nicht am Ende Zusammengehöriges trennen und der Natur nach Verschiedenes mit einander verbinden, ob also das, was wir Spezies oder Genus nennen, etwas ist, dem eine Wesenheit, eine lebendige Anschauung korrespondiert. Ferner wird auch diejenige Übereinstimmung der Organismen, die wir als eine primärgesetzliche Homologie definiert haben, kaum in systematischer Beziehung verwertet werden können. Auf der einen Seite ist die Grundform der Organismen durchaus nicht so ausgeprägt, wie die der anorganischen Kristalle, auf der andern Seite erweisen sich die Typen, soweit sie wirklich greifbar sind, als so weitreichend, daß sie sich zu Einteilungsprinzipien nicht eignen. Dies haben gerade die deszendenztheoretischen Forschungen

hinreichend klargestellt. Aber auch noch etwas andres hat die Deszendenztheorie durch die von ihr inaugurierte entwicklungsgeschichtliche Forschung gezeitigt: die tiefe Einsicht, daß die Ontogenie es ist, in der allerdings die homologen Übereinstimmungen, aber auch die als relative Wachstumsdifferenzen zu Tage tretenden spezifischen Verschiedenheiten mit größter Deutlichkeit und — bei Vervollkommnung unsrer Methoden — gewiß auch mit mathematischer Meßbarkeit sich zeigen. Wenn wir diese Einsicht zur Grundlage eines neuen Artbegriffs machen, so haben wir den großen Vorteil, zwei bisher angewandte Artbegriffe, den morphologischen und den physiologischen, von denen der erste an sich unklar war, der zweite mit einer gewissen kausalen Unklarheit sich verknüpfte, indem er auf die erfolgreiche Vermischung Gewicht legte, ohne ein Verständnis von deren Ursachen zu eröffnen, in einen vereinigen zu können. Der neue Artbegriff würde insofern morphologisch sein, als die Ontogenie die spezifischen Differenzen dem Auge kenntlich macht, insofern aber auch physiologisch, als eben diese Wachstumsdifferenzen die Unvermischbarkeit der spezifischen Charaktere bedingen. In diesem dynamischen Moment, nicht so sehr in der statischen Homologie, ist das systematische Prinzip des Lebendigen enthalten; hier tritt die Erkenntnis auf, daß, ob auch das Lebensgeschehen nicht autonom ist, so doch die Biologie eine selbständige Methode erfordert. Mit Rücksicht auf die Methode verschwinden nicht die promorphologische und machinal-physikalische Homologie, aber sie treten hinter die dynamisch — dynamisch: hier als Gegenbegriff zu statisch — zu erfassende Spezifität zurück. Der Begriff des Lebendigen als eines Dynamischen hält den teuersten Gedanken der Abstammungslehre fest: die Entwicklung.

Die rationelle Organisationslehre wird somit mit ihrem größeren Gewichte im Gegensatz zur Kristallographie nicht auf das Prinzip der promorphologischen Homologie, sondern

auf die in der Ontogenie zu erkundende Spezifität sich stützen. Ich habe an die Möglichkeit einer rationellen Organisationslehre gedacht, ehe ich erkannte, daß Driesch, offenbar von ähnlichen allgemein-theoretischen Postulaten ausgehend, wie ich, eine solche fordert. Ich teile mit ihm den Grundsatz, daß eine Forschung von nebeneinander bestehenden Verschiedenheiten nur insofern rationell sein kann, „als sie nachweist, daß die Gesamtheit der Verschiedenheiten nur so, nicht anders existieren, daß es keine Spezies außer dieser Gesamtheit geben könne“, und auch, daß die Wissenschaft dabei nicht auf die bestehenden, sich erhaltenden, wirklichen Formen, sondern auf die möglichen Rücksicht zu nehmen habe. Aber für ganz verfehlt halte ich es, wenn Driesch, anknüpfend an die Mutationstheorie von de Vries, nunmehr dem Gedanken einer „rationellen Umwandlungslehre“ Raum gibt. Aus zwei Gesichtspunkten hatte gerade Driesch Veranlassung, sich von der Deszendenztheorie frei zu machen. Einmal vertritt er den Gedanken der finalen Autonomie des Lebensgeschehens. Im Hinblick darauf hat er sich nicht genügend klar gemacht, daß die Autonomie des Lebensgeschehens, wenn sie eine primäre sein soll, durchaus keinen Raum hat für eine mechanisch-phyletische Bestimmungsursache, wie sie auch keineswegs ohne weiteres eine über das spezifisch-individuelle Bedürfnis hinausgehende phyletische Progredienz in sich enthält. Dieses Bedenken mußte sich ihm mit noch dringlicherer Mahnung nahen, als er die Idee der rationellen Organisatorik konzipierte. Warum und wie in aller Welt soll eine Form gerade aus einer andren Form entspringen, und wenn sie aus einer andren Form entspringt, prägt sich dann in ihr ihre eigene „ratio“ aus oder auch die ihrer Mutterform? Ist es bei der vorhandenen Beschränkung durch die Konstitution der abgeänderten Form wahrscheinlich, daß die reichste Kasuistik von Mutationen ein wirkliches Bild der an sich möglichen Formen gewähren

wird? Der von Driesch gesuchte rationelle Zusammenhang zwischen den möglichen Formen ist ja ein idealer: im idealen Grundgesetz hängen die Formen miteinander zusammen, beschränken sie einander, nicht aber in einer wesenhaften Mutation. Gibt überhaupt die an grundsätzlichem Werte sehr schätzbare, in bezug auf die organisatorische Ausbeute doch noch sehr dürftige Mutationslehre schon jetzt das Recht, sie mit der wichtigen systematischen Idealwissenschaft zu verknüpfen? Und, um auf den ersten Gedanken Drieschs zurückzugreifen. Wie er selbst es auszusprechen scheint, greifen das regulatorische und das organisatorische Prinzip ineinander; wenn dies der Fall ist, wird da nicht in einer spezifischen Organisation auch gewissermaßen eine spezifische Finalität sich manifestieren? Wenn ja, und wenn die Finalität aus einer Konstanten fließt, aus der Entelechie, welche Vorstellung ist dann mit einer Entelechie zu verbinden, in die nicht bloß eine spezifische Finalität, sondern — wer weiß wie viel aufeinander folgende eingeschachtelt sind? Ist das noch eine Konstante? Kompliziert sich da nicht der Begriff Drieschs in einer Weise, die ihn auch aus diesem Grunde unannehmbar machen könnte? Es fällt mir schwer zu glauben, daß ein Denker wie Driesch, wenn er sich alle diese Folgerungen vergegenwärtigt, auf dem Boden der Abstammungslehre stehen bleiben kann, der er ohnehin als einer historischen Disziplin eine prinzipiell geringere Bedeutung beimißt als einer rationellen Organisatorik.

Auch darin muß ich Driesch widersprechen, daß es notwendig sei, alle möglichen Formen vollständig zu kennen, bevor eine rationelle Organisationslehre errichtet werden kann. Das vielmehr ist das Wesen des Grundgesetzes, daß es schon aus einer kürzeren oder längeren Induktionsreihe erschlossen werden kann; und das ist sein Wert, daß ohne empirische Kenntnis der Formen ihre Möglichkeit oder Unmöglichkeit behauptet werden kann. Das nächste Ziel der

Biologie wird mithin sein, durch ein weitgehendes Studium der Entwicklungsgeschichte vermöge der Hilfswissenschaften, die aus den drei Konvergenzprinzipien sich ergeben, eine solche Induktionsreihe herzustellen.

Trotzdem, wie bemerkt, eine spezifische Organisation ausgestattet mit einer spezifischen Finalität auftritt, empfiehlt es sich nicht, diesen Gedanken in die Organisationslehre hineinzutragen. Wir haben im vorigen Kapitel betont, daß die Finalität eine Autonomie des Lebensgeschehens insofern zu begründen nicht geeignet ist, als die Finalität eine Grundeigenschaft des Naturgeschehens überhaupt ist. Daß nun ferner eine spezifische Organisation mit einer spezifischen Zweckmäßigkeit sich verknüpft, ist keine besonders zu registrierende Tatsache, sondern folgt einfach aus dem Wesen der Zweckmäßigkeit. Das Feststellen der spezifischen Zweckmäßigkeit ist darum nicht unwichtig, aber sie hat nur deskriptive Bedeutung.

Am Ende einer solchen methodologischen Forderung, wie sie hier wieder aufgestellt und neu begründet worden ist, dürfte es nicht unangemessen sein, in einem raschen Überblicke die Fruchtbarkeit zu prüfen, deren die deszendenztheoretische Methode in der heutigen Biologie sich erfreut. Die Morphologie im allgemeinen streiften wir in diesem Betrachte bereits am Ende des 9. Kapitels. Daß die Entwicklungsgeschichte, wie sie z. B. O. Hertwig, einer ihrer hervorragendsten Vertreter, lehrt, die phylogenetische Methode so gut wie preisgegeben hat, kann keinem entgehen, der diesem Gegenstande seine Aufmerksamkeit schenkt. In der Paläontologie fällt eine gewisse Anarchie in der Aufstellung und Wiederauflösung von Stammbäumen auf. Es sei hier auch noch auf einen beachtenswerten Vorgang hingewiesen, der sich gerade in jüngster Zeit, weiteren biologischen Kreisen unbekannt, in der Botanik abspielt. Einen Beweis dafür, daß es sich nicht immer empfiehlt, der beschreibenden Ana-

tomie die Phylogenie zu Grunde zu legen, bietet van Tieghems Stelartheorie. Nachdem schon Farmer und Hill van Tieghems Deutung der Endodermis im Stamm als der Innengrenze der Rinde fallen gelassen hatten, haben Pitard und Brebner den Auflösungsprozeß der phylogenetisch begründeten Stelologie befördert. Graf Solms verhält sich zu den letztgenannten Forschern zustimmend und spricht die Hoffnung aus, daß die Anatomen Englands demnächst wieder zu der altbewährten deskriptiv-anatomischen Begriffsfassung, wie sie bei de Bary durchgeführt ist, zurückkehren werden. Solms hat auch gegen Schoute, der neuerdings die entgegengesetzte Anschauung vertreten hat, die entscheidenden Gründe gegen die Anwendung der Phylogenie bei deskriptiv-anatomischen Dingen, besonders gegen die allgemeine Durchführung der darauf basierten Nomenklatur in der Pflanzenanatomie, ins Feld geführt.

Zusammenfassung.

Am Schlusse dieser Einführung in die Konvergenztheorie seien deren Thesen schärfer hervorgehoben, als es in der entwickelnden Darstellung geschehen konnte.

Das Problem Lamarcks und Darwins ist ein wirkliches Problem. Die augenfälligen Übereinstimmungen in der Mannigfaltigkeit der Organismen, die besonders durch die vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte aufgedeckt wurden, fordern eine Erklärung und legen den Gedanken einer gemeinsamen Abstammung der Organismen recht nahe.

Die vertiefte Kritik beschränkt aber die Sphäre der Übereinstimmungen der Organismen, also die Voraussetzung des Abstammungsgedankens, in einer entscheidenden Weise. In bezug auf die vergleichende Anatomie zeigt sie, daß die von der äußerlichen Vergleichung zur Untersuchung der biontotechnischen Prinzipien vordringende Betrachtung die Übereinstimmungen zum Teil wieder aufhebt und sogar Klüfte schafft, die zu überbrücken die Deszendenztheorie nicht vermag. Aus der kritisch durchforschten Entwicklungsgeschichte erhebt sich über die — wirklich vorhandenen — Übereinstimmungen die Grundwahrheit, daß jeder Tierart eine durchaus spezifische Ontogenie eigen ist. Die kritisch durcharbeitete physiologische Chemie ist nicht geeignet, den morphologischen Beweisgründen für die Abstammungslehre

unterstützend zur Seite zu treten. Die paläontologischen Erkenntnisse machen es zum Teil nötig, ehemals der Abstammung zugerechnete Übereinstimmungen einem andren Prinzip unterzuordnen. Und eine Kritik der Vererbungslehre zeigt vollends, daß für die Annahme eines Prinzips, das in der Deszendenzreihe individuelle Übereinstimmungen erblich vermitteln könnte, eine wissenschaftliche Grundlage nicht vorhanden ist.

Auf dem ganzen Wege der Kritik löst sich ein Grundgedanke zu immer schärferer Bestimmtheit heraus: daß die in der Deszendenzreihe sich forterbenden Übereinstimmungen artgemäße sind, um die als um Konstanten die individuellen Eigenschaften schwanken.

Unsre Forschung hat somit — dies sei besonders bemerkt — auf eben denselben Ausdruck geführt, von dem Darwins Lehre ausgeht. Die Tatsache der individuellen Variationen — das ist der noch unbedenkliche Ausgangspunkt Darwins; aber er hat diese Tatsache bis zur Einbildung des Variierens ausgesprochener spezifischer Charaktere hypothetisch überspannt und sich des Beweises für die Zulässigkeit dieses Beginnens enthoben — durch den Verzicht auf eine begrifflich scharfe Charakteristik der Spezies. Mit geringer Tatsachenrüstung ausgestattet, hat aber die Deszendenzlehre zwar eine große Idee, jedoch eine nur dürftige Ausbeute tatsächlicher Natur ergeben. Oder sollte man die schier peinliche Empfindung gegenüber der „kritischen Bestimmtheit“ eingebüßt haben, in der der präzisere dogmatische Gehalt der Abstammungshypothese sich ausspricht: daß die vier höchsten Stämme des Tierreichs nicht etwa auseinander, sondern nebeneinander aus dem Prinzip des — Wurms hervorgegangen sein müssen? Die Hoffnungslosigkeit dieses Lehrsatzes sollte im Verein mit unsrer Ohnmacht gegenüber der Frage nach dem Wie der Transformation — oder darf die Wissenschaft einen Vorgang als tatsächlich

annehmen, für den ihr Gedanke und Anschauung fehlen? — die Besinnung auf die kleinen Anfänge der Darwinschen Idee lenken. Und eine Würdigung dessen, was wir über die Variabilität erkundet haben, sollte uns bei jenen Anfängen festhalten und der heilsamen Kritik auf Grund der biologischen Wissenschaften zuwenden.

Soweit wirkliche Übereinstimmungen in den spezifisch getrennten Gruppen sich behaupten, wird es nunmehr notwendig, sie andren Prinzipien unterzuordnen. Und dies ist wissenschaftlich möglich.

Übereinstimmende Ovogenese, gemeinsamer Bauplan, singuläre Formphänomene (Pentamerie), einheitliche Keimesgeschichte, als Reversionen und Rudimente mißdeutete partielle Gleichheiten dürfen einem Prinzip der Homologie zugerechnet werden, das sich unmittelbar kundgibt oder aber die Basis bildet, auf der ein zweites Prinzip (die Analogie) sich entfaltet. Gewiß ist damit der alte Gedanke der ideellen Verwandtschaft im Gegensatze zur genealogischen wieder aufgenommen. Aber, indem das ideelle Moment in ein der höchsten, mathematischen Erkenntnisform zugängliches Grundgesetz verlegt wird, wird es zu deutlicher theoretischer Bestimmtheit erhoben — während die vermeintlich „reale“, genealogische Verwandtschaft aus dem unanschaulichen Nebel einer Allgemeinvorstellung nicht herauskommt.

Das Prinzip der Analogie setzt ein, wo die zureichenden inneren (latente Homologie) und äußeren Bedingungen oder auch nur die letzteren (da der lebendigen Substanz teilweise auch eine indifferente Entwicklung freigegeben ist) vorhanden sind. Die äußeren Faktoren scheinen die beherrschenden. Diesem Prinzip kommt die gesamte heutige Biologie weit entgegen: allenthalben erwacht und steigert sich die Erkenntnis, daß Wesen, die verschiedenen „Architypen“ angehören, dank übereinstimmenden — wir sagen: gleichwirkenden — Bedingungen auffallend konvergieren.

Die homolog-analoge Vereinheitlichung der Organismen konstituiert weiter die Wirksamkeit eines Prinzips der direkten Konvergenz, das von der Raumbegrenzung und der Zeitdauer abhängt, als „psychisches" Prinzip von uns begriffen wird und sich psychophysisch ausprägt. Über das Verhältnis seiner Wirkung zu seiner konstituierenden Ursache (der bereits vorausgesetzten homolog-analogen Übereinstimmung) denken wir vollkommen klar: die direkte Konvergenz setzt die Analogie und Homologie in gleicher Weise voraus, wie die Analogie (teilweise) die (latente) Homologie. Dagegen müssen wir es uns zur Zeit versagen, uns zur Klarheit über den psychophysischen Verlauf der direkten Konvergenzwirkung durchzuringen; er ist für uns mit derselben Dunkelheit behaftet, wie das Verhältnis des Psychischen zum Physischen überhaupt. Die Tatsache einer direkten Konvergenzwirkung zwischen den Genossen einer Biosphäre ist aber darum keineswegs zweifelhaft; in ihrem Lichte werden außer einer großen Zahl von Erscheinungen namentlich die von Darwin falsch gedeuteten Tatsachen der faunistischen und floristischen Verbreitung verständlich.

Wir können nicht annehmen, daß die vereinheitlichenden Prinzipien spezifisch verschiedene Organismen einander derart näher bringen, daß sie endlich zusammenfallen. Insbesondere messen wir auch der direkten Konvergenz diese Wirkung nicht bei. Allerdings sehen wir zuweilen zwischen spezifisch verschiedenen Organismen eine Amikalselektion erwachen, die zu einer direkten Konvergenz und zur Bastardierung führt. Aber wir können nicht annehmen, daß die direkte Konvergenz etwa die mechanischen und vielleicht chemischen Hindernisse durchaus beseitigen kann, die der Vermischung spezifisch verschiedener Organismen in der Regel entgegenstehen; wir meinen, daß die erwähnte seltene Ausnahmewirkung, die sich wohl mit der Wegräumung der störenden psychischen Differenzen erschöpft, nur da eintritt, wo ihre kausale und finale Voraussetzung a priori vorhanden

ist. Wir halten auf Grund der wirklichen naturwissenschaftlichen Empirie daran fest, daß die spezifische Organisation eine Konstante ist: daß die Organismen von ihrer spezifischen Besonderheit aus nur bis zu dem Grade der Einheitlichkeit variieren können, der im Laufe der Geschichte der Organismen erfahrungsgemäß nicht überschritten ist und noch als deutliche spezifische Scheidung erscheint, daß aber, wo diese Scheidung heute nicht gewahrt ist, sie in der Natur der Dinge von Anfang an begründet war.

Die spezifische Verschiedenheit der organischen Charaktere ist in dieser Anschauung ein primär Gegebenes. Die Funktion der Konvergenzprinzipien ist naturgemäß die Annäherung der spezifisch differenten Charaktere aneinander. Da aber die Konvergenz unter verschiedenen Bedingungen eine verschiedene Richtung einschlagen kann, so folgt mit Notwendigkeit, daß als Korrelat der Konvergenz eine — sekundäre — Divergenz ursprünglich gleicher Organismen eintreten kann. Immerhin bietet sich, da wir eine indifferente, vererbliche Entwicklung freigelassen haben, auch ein Weg zu einer von der Konvergenz unabhängigen Divergenz. Aber es gilt zu bedenken, daß die „Vererbung erworbener Eigenschaften" ein seltener Fall zu sein scheint, und daß die „Indifferenz-Zone" im Grunde von der spezifischen Entwicklung beherrscht wird, sie also nicht durchkreuzen kann. So wird denn auch diese Divergenz so wenig über die Grenzen der Art hinausführen, wie die der — in die Speziesschranken gebannten — Konvergenz genau entsprechende.

Aus der Konvergenztheorie sind alle von Darwin und seinen Nachfolgern zu Gunsten der Deszendenztheorie angeführten Tatsachen ableitbar. Wir meinen, der Kreis der erklärbaren Tatsachen erweitert sich sogar. Wir gewärtigen jedoch die Einwände, daß unsre Theorie mit psychischen Qualitäten arbeitet, sich ungescheut der Kategorie der Finalität bedient und, anstatt von dem Einfachen, vom Kom-

plizierten ausgeht — kurz, wir werden der Anwendung unzulässiger Methoden, vulgär gesprochen, der Einführung des „Wunders“ bezichtigt werden.

Was den ersten Einwand betrifft, so dürfte es genügen, an die in unsrer Ausführung angedeutete Geltung psychologischer Gesichtspunkte in der heutigen Biologie zu erinnern. Wem fiele hier nicht auch die „geschlechtliche Zuchtwahl“ Darwins ein? Eine Biologie mit prinzipieller Ausschaltung der Psychologie ist ein Unding; wir sind mit Bunge der Überzeugung, daß die Umkehrung des Satzes „Psychologus nemo nisi physiologus“ nicht lange mehr der Anerkennung entbehren wird.

Es ist ferner richtig, daß die Kategorie der Finalität unsre Anschauung in allen Teilen durchsetzt. Wir haben aber hier an der Finalität kein metaphysisches, sondern ein erkenntnistheoretisches Interesse, und letzteres darum, weil es mit unserm Problem auf das innigste verknüpft ist. Denn, wenn es wahr ist, daß die Finalität eine Grundeigenschaft des Naturgeschehens ist, so ist ja die die besondere Problemstellung Darwins beherrschende Frage nach der Entstehung der zweckmäßigen Einrichtungen der Lebewesen, der Vervollkommnung der Organisation, ein grandioses Mißverständnis, das Irrtum auf Irrtum türmen mußte! Eine Durchdringung der Biologie unter dem Gesichtspunkte der Finalität ist also ein unabweisbares Postulat der biologischen Methode. Je klarer dem Forscher die Finalität sich zeigt, je weiter ihm der Horizont der providentiellen Zwecke sich dehnt, je knapper ihm die Ökonomie der Mittel in die Augen springt, desto unabweisbarer wird seine Pflicht, sein etwaiges metaphysisches antiteleologisches Vorurteil zu besiegen. Wenn er sich trotzdem auf das Wrack seines allzu engen mechanistischen Schemas zurückzieht, so verkennt er offenbar, daß Finalität und Kausalität im Logischen, in der Idee des Vernünftigen, vollkommen identisch sind, daß zuletzt eine Welt durchgängig kausaler Beziehungen eine exquisit teleologische Er-

scheinung ist! Gerade durch die konsequente Erfassung der Kategorie der Finalität gelangen wir dazu, die Autonomie der Lebensvorgänge auf finaler Grundlage zu bestreiten; wir glauben eben, daß diesen — dank dem von uns gewagten Versuch einer Auseinandersetzung zwischen zwei noch unversöhnten historischen Denkweisen in der Physik — ein physikalischer (sowohl kausal, als auch final zu begreifender) Allgemeincharakter supponiert werden kann.

Wir konnten nicht erwarten, in unsrer notwendig unvollkommenen Theorie den Zweckgedanken in allen seinen Realisierungen zu entdecken. Was wir fanden, festigt uns aber in der Zuversicht auf die Richtigkeit unsrer Anschauung. Wir vermochten auch die Organismenarten final einander anzugliedern und so für den Ausgang in der spezifischen Urzeugung eine einfache Grundlage zu gewinnen, die nicht „wunderbarer" ist, als die Grundlage der heutigen deszendenztheoretischen Biologie. Methodologisch ist sie auch nicht weniger zulässig.

So dürften wir denn doch durch den Verfall der deszendenztheoretischen Methoden hindurch einer rationellen Organisationslehre zusteuern.

Druck von G. Bernstein in Berlin

